Agriculture tropicale et exploitations familiales d'Afrique



Hugues Dupriez

Agriculture tropicale et exploitations familiales

d'Afrique

Hugues Dupriez

avec la collaboration de Koura Djibrillou, Sawadogo Saïdou, Bisimwa Basengere Espoir, Simbizi Jeanine, Nyionzima Silas, Jean Colin, Cizungu Mihigo, M'bizibu Martine



Terres et Vie
rue Laurent Delvaux 13
B-1400 Nivelles - Belgique

tél. et fax: + 32 (0)67 217 149
terres.et.vie@linkline.be
terresetvie@terresetvie.com
www.terresetvie.com

Cet ouvrage a été réalisé avec le soutien de la Direction Générale de la Coopération au Développement (DGCD) du Service public fédéral des Affaires étrangères, du Commerce extérieur et de la Coopération au Développement du Royaume de Belgique.

DGCD - rue des Petits Carmes, 15
1000 Bruxelles, Belgique
Internet: www.dgcd.be





partageons les connaissances au profit des communautés rurales

Le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) a été créé en 1983 dans le cadre de la Convention de Lomé entre les États du Groupe ACP (Afrique, Caraïbes, Pacifique) et les pays membres de l'Union européenne. Depuis 2000, le CTA exerce ses activités dans le cadre de l'Accord de Cotonou ACP-CE.

Le CTA a pour mission de développer et de fournir des services qui améliorent l'accès des pays ACP à l'information pour le développement agricole et rural, et de renforcer les capacités de ces pays à produire, acquérir, échanger et exploiter l'information dans ce domaine. Les programmes du CTA sont conçus pour: fournir un large éventail de produits et services d'information et mieux faire connaître les sources d'information pertinentes; encourager l'utilisation combinée de canaux de communication adéquats et intensifier les contacts et les échanges d'information, entre les acteurs ACP en particulier, renforcer la capacité ACP à produire et à gérer l'information agricole et à mettre en œuvre des stratégies de GIC, notamment en rapport avec la science et la technologie. Le travail du CTA tient compte de l'évolution des méthodologies et des questions transversales telles que le genre et le capital social.

CTA - Postbus 380 - 6700 AJ Wageningen - Pays-Bas
Internet: www.cta.int

Merci à tous ceux qui, de près ou de loin, ont inspiré ce livre et en ont encouragé la première et la seconde édition. Ils sont très nombreux et nous ne pouvons tous les citer.

Commençons par les cultivateurs et les cultivatrices rencontrés lors de nombreuses tournées sur le terrain et d'ateliers d'échange entre paysans, techniciens, chercheurs, réalisés dans le cadre de l'association internationale Diobass, Écologie et Société ou dans d'autres cadres. Outre l'inspiration des matières, c'est aussi chez eux, et avec eux, qu'ont été prises le plus grand nombre des photos illustrant le livre.

Cette édition a bénéficié des appuis financiers de la Direction Générale de la Coopération au Développement (DGCD) de Belgique, et du Centre de Promotion Technique Agricole (CTA). L'auteur remercie ces institutions pour la confiance manifestée durant les quatre années qui furent nécessaires pour finaliser cette réédition.

Merci à tous ceux qui ont collaboré à la rédaction de certaines parties, et aux relecteurs, paysans et techniciens qui ont relu la première édition et m'ont donné de précieux conseils. Leurs noms sont cités en page d'entrée.

Merci enfin à Michelle Favart, qui n'a cessé de lire et de relire les textes pour en extraire les erreurs, les inconséquences, et les fautes éditoriales.



Avec l'active collaboration de *Diobass, Écologie et Société*, association internationale d'échange, de communication et de recherche-action.

Internet: www.diobass.com

ISBN 2-87105-021-X (Terres et Vie)
ISBN 92-9081-3010-5 (CTA)

Introduction

"Avec le savoir croît le doute"
Goethe

L'agriculture familiale, c'est d'abord la vie d'une terre et de ses habitants. Son déroulement est complexe. Il fait appel à toutes les sensibilités de ceux qui la pratiquent: écologiques, économiques, sociales et culturelles.

Prenons l'image d'une toile d'araignée. Ses fils principaux s'appuient sur quelques points stables. Ses fils secondaires forment un réseau solide et cohérent. La vivacité des rameaux auxquels s'accroche la toile et la souplesse des fils tendus permettent de capturer les proies. Si les rameaux sont détruits, ou que les fils sont brisés, le filet ne capte plus.

L'agriculture familiale est à l'image de cette toile. Elle se fonde sur les éléments du milieu. Elle s'accroche aux réalités des terroirs. Elle en utilise les ressources. Mais lorsque celles-ci sont détruites par des comportements humains inadéquats ou des circonstances naturelles, l'agriculture familiale a de plus en plus de difficultés à remplir son rôle qui est de nourrir les familles et de leur donner du travail.

L'agriculture est une activité humaine. Les hommes et les femmes qui la pratiquent apprennent, expérimentent et s'entendent pour maîtriser la nature à leur profit. Comme toute activité humaine, elle est soumise aux forces contradictoires du changement et de la tradition, aux intérêts économiques divergents, aux difficultés sociales ou politiques, et, depuis quelques années, aux forces contradictoires de la mondialisation. Nous aborderons ces points de vue. Mais nous pensons qu'il reviendra à chaque lecteur de fournir sa propre réponse aux nombreuses questions qui apparaîtront tout au long des chapitres.

L'agriculture est une activité qui accepte peu les dépendances incontrôlables. Elle supporte mal les décisions lointaines. C'est pourquoi nous allons nous intéresser à tout ce qu'il est possible de faire avant tout avec les ressources des terroirs, celles qu'on trouve sur les terres de la ferme ou de ses environs: les sols, les plantes, l'eau, les travailleurs. Lorsque ces ressources proches sont mises en valeur et que les travailleurs sont bien organisés, il devient possible d'investir des ressources nouvelles, achetées à l'extérieur du terroir, et de les adapter. Autonomie d'abord, dépendance mesurée ensuite, telle pourrait être la devise de l'agriculteur familial.

Dans les contextes d'aujourd'hui, la place de l'agent rural n'est plus celle d'un propagandiste travaillant au service d'institutions ou de firmes lointaines et peu transparentes. Elle doit évoluer vers celle d'un conseiller mettant en valeur, avec les paysans et les paysannes, les sources diversifiées de la connaisance, disponibles tant aux villages que dans les centres techniques et scientifiques. Une réelle modernisation de la vie rurale relève en effet du métissage des savoirs et de "recherches-actions" très intégrés dans les contextes paysans. La recherche doit en effet renaître du terreau social, se raccrocher au milieu



écologique et économique, reprendre racine dans le contexte culturel des communautés. Pour ce faire, la conscience écologique est indispensable. Il faut arrêter les processus de dégradation environnementale, reconstruire pas à pas des milieux de vie accueillants.

Dans sa préface de la première édition de cet ouvrage, en 1983, Cheikh Hamidou Kane, Président de Enda Tiers Monde, écrivait: *"L'attrait essentiel du livre réside dans le fait que d'une part, il se rattache à l'attitude traditionnelle des peuples africains dans une confrontation séculaire avec cette portion de la nature qui est la leur et que d'autre part, il se présente comme un instrument maniable qu'un scolarisé resté à la terre ou un instituteur de village pourra utiliser aisément et mettre à la disposition des groupes de base"*.

Plus loin, il écrivait: *"S'il fallait caractériser en quelques mots la démarche des auteurs, ce sont les termes de métissage cultural qui viendraient à l'esprit, car les exigences de productivité accrue et une production permettant, dans les différents contextes environnementaux, une alimentation équilibrée, figurent parmi les préoccupations des auteurs. C'est la science agronomique la plus moderne qu'ils mettent au service des agriculteurs africains, mais en présentant tantôt des substitutions, tantôt des compléments, à ce qui s'est fait depuis si longtemps"*.

Du temps colonial au temps d'aujourd'hui, les relations entre techniciens et paysans ont été difficiles. La science agronomique, souvent affiliée à des intérêts étrangers, s'est peu intéressée aux savoirs paysans, les considérant comme désuets et inefficients. Les "paquets technologiques" imposés à grands renforts de moyens financiers et de coopérations internationales ne sont parvenus à stabiliser durablement ni l'économie des familles paysannes, ni leurs environnements écologiques. En outre, ceux qui ont tenté d'imposer les "modernisations" au nom du "développement", sont les promoteurs d'une mondialisation débridée qui n'exclut pas de ses modes d'action les concurrences déloyales et les attitudes inéquitables. Sur le plan économique, la loi du plus fort s'impose aujourd'hui sans aucune considération pour les appauvrissements qu'elle engendre au cœur des communautés rurales.

Il est nécessaire, en Afrique, de réconcilier les mondes paysans et ceux des techniciens qui s'y activent. Il faut enraciner la recherche agro-écologique dans les contextes où se déroulent les agricultures familiales. Il est indispensable aussi de mieux communiquer sur les concepts endogènes autant que sur les approches exogènes. Il est urgent de créer cette "école aux champs" qui organiserait, dans des rapports d'échanges équitables et non autoritaires, tous ceux qui participent à la vie du monde rural et qui tentent de le moderniser. Il est temps de rétablir l'équilibre entre les solutions techniques et les moyens communautaires.

Une multitude de projets ruraux, de solutions techniques ou organiques ont été coûteusement proposés au monde rural. Beaucoup n'ont pas pris racine. Leur économie et leurs "cadres logiques" étaient le plus souvent ceux de financiers internationaux. Il est donc urgent que la conception des projets prenne pied dans l'économie réelle des familles et de leurs terroirs. Il est nécessaire que les solutions techniques aux problèmes de la vie rurale soient réfléchies à partir des savoirs et des recherches-actions propres aux communautés elles-mêmes, afin que celles-ci soient moins soumises aux risques des dépendances mondiales.

Combien de messagers n'ont-ils pas dit aux paysans africains: *"Regardez comment font les cultivateurs européens, américains ou chinois; faites comme eux"*. Ne chassons pas ce regard, mais ajoutons: *"Regardons attentivement ce que font d'autres agriculteurs autour de nous. Il y a beaucoup à apprendre dans nos propres fermes"*.

Les choses les plus intéressantes pour le progrès des fermes familiales ne seraient-elles pas à portée de nos yeux et de nos mains? Faut-il, pour que progresse l'agriculture au village, faire simplement confiance aux messagers venus d'ailleurs, qui ne connaissent ni le contour, ni la qualité des terres, ni leur chaleur ou leur fraîcheur? Celui qui vient de loin et qui passe pour le temps d'un "projet" donne-t-il autre chose qu'une simple parole? Est-il lui-même concerné pour sa survie par le message qu'il émet?

De tous temps, les cultivateurs et les cultivatrices d'Afrique ont apprivoisé la nature, obtenant d'elle les produits essentiels à leur existence: aliments, médicaments, fibres, bois de chauffage, outils, ustensiles ménagers ou instruments musicaux. Ils l'ont fait à leur façon, se fondant sur l'expérience empirique, par essais et erreurs, comme tous les peuples du monde. Malgré tant de dégradations de la vie campagnarde, les agricultures paysannes africaines nourrissent une population nombreuse,

dans les campagnes, dans les villes et ailleurs dans le monde, et lui donnent du travail. Que ce livre participe à la compréhension de cette intense activité. Que les questions qui y sont posées concourent à l'évolution des mentalités et des actions concrètes du terrain rural.

Questionner les réalités des terroirs, des fermes familiales, des pratiques agricoles est le but de l'ouvrage. Les nombreuses informations qui seront fournies sous forme de textes ou d'illustrations visuelles n'ont de sens que si elles font progresser la compréhension des réalités locales. C'est de cette compréhension, et des volontés qui en découlent, que naissent les techniques adaptées à chaque ferme, à chaque terroir. C'est avec ces questions que paysans, hommes et femmes, techniciens et chercheurs, enseignants, agents de projets ou fonctionnaires au service des communautés, peuvent s'interroger mutuellement, puis décider ensemble de ce qu'ils peuvent réaliser pour faire progresser le milieu de vie et l'économie agraire.

Des scientifiques chevronnés se trouveront peut-être insatisfaits. Ils trouveront des imprécisions, des explications insuffisantes à leurs yeux. Mais peut-être qu'ils découvriront aussi l'intérêt de l'approche systémique qui sous-tend l'ouvrage. Que peuvent avoir à faire ensemble, dans un livre, les chaînes alimentaires, l'écologie des haies, les droits fonciers, la vie du sol et tant d'autres thèmes abordés? Peut-être les agroforestiers comprendront-ils que l'approche de la santé des femmes, du fait de leur surcharge pour la quête de bois, est plus efficace pour fixer des règles de protection des brousses et des arbres au profit de leur communauté, que des messages si souvent prêchés par un personnel dont les instructions n'ont pas été réfléchies au sein des communautés. Peut-être les chercheurs nationaux trouveront-ils à ancrer leurs recherches dans leur propre milieu d'origine, plutôt que dans les filières académiques étrangères.

Enfin, parlons de langage. Il n'est pas simple d'expliquer les concepts familiers des scientifiques à des personnes moins formées dans les écoles. Pas souvent facile non plus, pour les spécialistes de la science, de percevoir la complexité des savoirs paysans et le sens des concepts qui les composent. Espérons que l'association des nombreuses images et des textes explicatifs permettra d'améliorer un peu cette compréhension.

Quelques conventions de lecture

Le texte des chapitres alterne avec des tableaux, des graphiques, des photos assorties de leur légende. Dans le texte, nous avons noté les reports aux photos et aux figures par des numéros de couleur violette: (**10**), (**836**).

Lorsqu'on utilise un mot technique pour la première fois, on l'écrit en lettres **MAJUSCULES**. C'est en général à cet endroit du texte que l'on trouve sa définition. Celui qui désire retrouver cette définition pourra simplement consulter l'index qui se trouve à la fin du livre.

Les noms scientifiques sont écrits en *caractères italiques*. Ces caractères sont utilisés aussi pour des mots n'appartenant pas à la langue française.

Un **index** assez large figure à la fin du livre. Il reprend la position des mots-clefs, des concepts, des noms scientifiques utilisés. Il sera particulièrement utile aux enseignants qui cherchent des moyens de documenter leurs cours.

Certaines phrases ou certains mots sont écrits en **caractères gras**. Cette animation typographique permettra aux enseignants et aux élèves de repérer facilement ce qu'il est important de retenir.

La langue française privilégie ses formes masculines. Cela peut provoquer quelques incompréhensions quand nous parlons des agricultures africaines qui sont, pour une grande part, conduites par les femmes. Quand ils sont utilisés dans le livre, les mots "agriculteur, cultivateur, travailleur, fermier, exploitant",... sont utilisés dans leur sens général, incluant aussi bien les femmes que les hommes, quelles que soient les formes grammaticales.

Carte d'Afrique





Partie 1
Champs et modes de production

Cette partie va nous introduire dans le contexte des champs familiaux, leur histoire et les modes de production mis en œuvre par les familles. Nous commencerons par quelques visites qui nous permettront de définir certains mots et notions qui seront utilisés par la suite (chapitre 1), puis nous étudierons l'histoire de quelques champs (chapitre 2). A travers ces visites et ces histoires, nous découvrirons les principaux modes de production des exploitations familiales (chapitre 3). Nous resituerons ensuite l'agriculture dans son contexte large et systémique (chapitres 4 et 5), et nous verrons comment tous les éléments du milieu agissent les uns sur les autres.



Chapitre 1
Visites aux champs

Effectuons nos premiers pas quelque part en région tropicale ou équatoriale d'Afrique. Visitons quelques-uns des champs qui nous entourent: les nôtres et ceux de nos voisins, des parents et des amis. Laissons-nous guider par notre curiosité, observons tout ce qui vit, tout ce qui est utile.

Types de plantes

La photo **1** montre un champ sur lequel le maïs et l'arachide poussent en mélange. C'est l'association d'une **CÉRÉALE** et d'une **LÉGUMINEUSE**, fréquente dans des régions où les pluies ne manquent pas. En y regardant de plus près, on trouve aussi quelques pieds de piment rouge, qui est une plante **CONDIMENTAIRE** utilisée pour donner du goût aux repas, ainsi que quelques pieds de tomate cerise.

Dans les régions plus sèches, on rencontre plutôt l'association du haricot niébé, qui est également une légumineuse, avec le mil ou le sorgho, qui sont des céréales (**2**).

Le maïs, le mil, le sorgho, le riz, l'éleusine, le froment, le fonio, le tef,... sont des céréales. Ces espèces font partie de la grande famille végétale des **GRAMINÉES**.

L'arachide fournit des graines **OLÉAGINEUSES**, c'est-à-dire riches en huile.

L'arachide et le niébé, comme d'ailleurs les haricots, les pois, le soja, le pois de terre ou voandzou, sont des plantes de la famille des légumineuses. Leurs graines, riches en **PROTÉINES**, sont intéressantes pour l'alimentation humaine et animale. Lorsque la proportion de protéines dans les graines est élevée, on parle de graines **PROTÉAGINEUSES**.

La patate douce, le manioc, la pomme de terre, l'igname, le souchet, la carotte, le gingembre, sont des plantes à **TUBERCULES**.

Les tubercules offrent surtout des aliments **FÉCULENTS**. Ils peuvent être transformés en **FARINES** ou en semoules. Au corps humain, ils fournissent principalement de l'**ÉNERGIE**.



Deux associations de céréales et de légumineuses: maïs et arachide à gauche, sorgho et haricot niébé à droite.

Il n'est pas rare que des cultivatrices associent soit des plantes à tubercules entre elles , soit des tubercules avec des céréales ou des légumineuses. Parfois, les mélanges sont composés de plusieurs espèces dont les apports alimentaires en féculents, en graisses et en protéines sont complémentaires.

La photo **3** montre un champ occupé par deux espèces. Le *Panicum maximum* est une espèce **fourragère** herbacée. Le *Tephrosia* qui le domine est une espèce **fertilitaire** buissonnante: il produit des éléments qui enrichissent le sol. La production de ce champ pendant la saison en cours est donc double.

Ce sont quelques types de plantes cultivées. Nous en rencontrerons encore bien d'autres par la suite.



Champ fourrager composé de Panicum maximum et de Tephrosia sp.

Méthodes et pratiques agricoles

Voici un champ d'ananas établi selon la méthode de **CULTURE PURE** (**4**). Plusieurs sarclages sont nécessaires, au cours de la saison, pour combattre les herbes qui concurrencent l'ananas. On appelle ces herbes **PLANTES ADVENTICES** ou **MAUVAISES HERBES**. Le même planteur a pris l'habitude, dans quelques parties de son exploitation, de planter des patates douces entre les lignes d'ananas (**5**). Les lianes de la patate couvrent le sol en le protégeant contre la pluie et les rayons directs du soleil: elles étouffent les plantes adventices non utiles qui disputent le terrain à l'ananas. Grâce à cette pratique de **CULTURE EN ASSOCIATION**, le planteur obtient plusieurs résultats: tout en luttant contre les espèces adventices, il prépare une récolte complémentaire à l'ananas, celle de la patate douce. Chacune des deux méthodes a ses avantages et ses inconvénients que nous étudierons plus loin.



Ce champ de coton (**6**) est établi en culture pure. Il bénéficie de labours mécaniques, d'engrais chimiques et de traitements phytosanitaires réalisés au moyen de pesticides commerciaux. Le coton est entièrement commercialisé.



Culture pure de coton

A quelque distance de ce champ, nous en rencontrons un autre établi différemment (**7**). Le coton a été semé sur des buttes. Il est dominé par des palmiers rôniers. A la production de fibres s'ajoute celle des palmiers: des palmes, des fruits et du bois.

La photo **8** montre une vaste plantation de théiers au Rwanda. La culture pure permet un bon développement des arbustes. Elle facilite les cueillettes et la circulation des travailleuses. L'exploitation du théier s'allie mal avec un couvert arboré.



Culture de coton sous palmiers rôniers

Les planteurs de bananiers qui exportent tous leurs produits pratiquent le plus souvent la culture pure (**9**). Elle donne des rendements quantitatifs élevés. On ne trouve alors qu'une seule variété de bananier choisie par les firmes d'exportation. Dans les exploitations familiales, on préfère cultiver plusieurs variétés de bananes, à consommer crues ou cuites.

Voici une plantation où les bananiers côtoient différents arbres fruitiers: orangers, citronniers, avocatiers (**10**). L'exploitant met en œuvre une méthode d'**AGRICULTURE MULTIÉTAGÉE**. La plantation évoluera au cours du temps, au rythme de la croissance des différentes espèces en présence. Certaines ne vivront dans le champ que le temps d'une saison pluvieuse. Ce sont les espèces **SAISONNIÈRES** comme le maïs, la tomate, le haricot, l'arachide... D'autres resteront sur le champ durant un plus grand nombre de mois. Elles sont **plurisaisonnières** comme le manioc dont le développement complet nécessite de dix à vingt-quatre mois, selon les variétés. Sous les climats tempérés, on parle le plus souvent d'espèces **ANNUELLES** ou **PLURIANNUELLES**, car il n'y a qu'une seule saison de culture par an. Alors que sous les tropiques, il y a souvent deux saisons de culture par an. Nous constatons encore la présence d'espèces **pérennes** ou **VIVACES**, comme des citronniers et des avocatiers.



Plantation industrielle du théier



Plantation industrielle de bananiers au Cameroun



Jardin polycultural multiétagé en Thaïlande

Ce type de champ **POLYCULTURAL** multiétagé se rencontre dans de nombreuses régions tropicales d'Afrique, d'Asie ou d'Amérique du Sud. A chaque période de l'année, on peut y trouver aussi bien de quoi manger que de quoi vendre. Tant les femmes que les jeunes gens, les jeunes filles et les hommes y trouvent du travail et des revenus.

En mélangeant les espèces dans son verger, le planteur recherche la **régularité** de sa consommation ou de ses ventes durant l'année. Il poursuit simultanément divers buts: autosuffisance, sécurité alimentaire et obtention de revenus monétaires. Les produits sont divers et l'**OCCUPATION** de la main-d'œuvre familiale est permanente. Les **risques** biotiques, climatiques et écologiques encourus par l'exploitant de ce champ multiétagé sont pris en compte autrement que dans les champs **MONOCULTURAUX**.

En Côte d'Ivoire, visitons ce grand champ clôturé (**11**). Plusieurs espèces saisonnières, plurisaisonnières et pérennes s'y côtoient. Dans l'étage **inférieur**, le riz, semé densément, côtoie le maïs semé à moindre den-

sité. Une variété haute de manioc occupe l'étage **intermédiaire**, et le palmier développe sa houppe en un étage **supérieur**.

Voici une plantation de caféiers (12). On classe le caféier parmi les espèces **STIMULANTES**. Au ras du sol, on trouve une herbe verte et dense facile à entretenir: c'est un *Paspalum*. Entre les caféiers, dont le port est arbustif, on a planté des lignes de *Leucaena* dont le feuillage est léger. Cet **ARBRE D'OMBRAGE** crée de bonnes conditions de vie pour les caféiers. Sous leur protection, ils ne souffrent ni des rayons du soleil, ni des vents fréquents dans la région.



Champ multiétagé dans le centre de la Côte d'Ivoire



Plantation de caféiers sous leucaena, au Congo

Usage des produits agricoles

Les visites que nous effectuons nous font rencontrer des espèces ayant toutes sortes d'usages :

- des plantes à **tubercules**, comme la patate douce qui rampe sur le sol, le manioc dont les tiges s'élèvent, et le macabo dont les larges feuilles s'étalent à 75 cm du sol,
- des plantes à **graines**: concombre, maïs, arachide, haricot, gombo, ...
- des plantes cultivées pour leurs **feuilles**, leurs **tiges** ou leurs **fruits**. C'est le cas de la canne à sucre de bouche, du tabac, du piment, de la tomate, de l'aubergine, de la courge, du gombo,
- des plantes à **fibres**, comme le coton, la ramie, le baobab (écorce), le sisal (*Agave sisalana*), le kénaf (*Hibiscus canabinus*), l'uréna (*Urena lobata*), le raphia, et d'autres encore,
- des **arbres fruitiers**, tels que le papayer, le safoutier, le micocoulier, le jujubier, le manguier, le citronnier, etc.,
- des **plantes médicamenteuses**, tant pour les humains que pour les animaux,
- des **plantes fourragères.**

Remarquons la **diversité des utilités**. Certaines sont utiles pour la **consommation humaine**, d'autres pour la **consommation animale**, d'autres sont utiles pour la **préservation du milieu**. Dans certains champs, il y a aussi des espèces dont l'utilité est de **rendre service aux autres plantes**. C'est le cas du leucaena qui sert en même temps à ombrager les caféiers et à fertiliser le sol.

Au cours de nos visites, nous avons rencontré des espèces à **USAGES MULTIPLES,** dites aussi **MULTIFONCTIONNELLES**. Le coton, par exemple, produit des fibres. Mais ses graines servent à fabriquer de l'huile et ses tourteaux nourrissent le bétail. Toutes les parties du baobab, autre espèce à usage multiple, sont couramment utilisées: feuilles, fruits, écorce. La plupart des espèces cultivées de palmiers offrent, elles aussi, de nombreux produits utiles: fruits, sève, feuilles, etc. (13).



Le palmier élaïs est une espèce multifonctionnelle: on exploite son huile, ses feuilles, sa sève. Ici, la récolte du vin de palme.

Le manioc est une plante à tubercules qui fournit principalement des féculents (farines). Mais ses feuilles sont consommées comme légumes. L'arachide est considérée comme plante oléagineuse, mais ses graines contiennent beaucoup de protéines, ses feuilles sont fourragères ainsi que ses tourteaux, sous-produits du pressage. Le papayer est un arbre dont on consomme les fruits savoureux, mais son latex blanc est médicamenteux.

Concluons ces premières visites

Les premiers pas que nous avons réalisés nous ont montré quelques-unes seulement des facettes multiples des champs familiaux. D'autres nombreuses facettes nous apparaîtront dans les chapitres qui vont suivre. Mais retenons pour l'instant l'importance **d'avoir l'œil ouvert sur la diversité des cas**: diversité des terres, des espèces cultivées, des pratiques agricoles. Apprenons à **observer les champs sous tous leurs aspects: en hauteur, en largeur, en volume**. Repérons-y aussi toutes les utilités et les fonctions pour les familles.

Quels types de champs et de plantes rencontrons-nous dans notre milieu? Comment les plantes se côtoient-elles? Quelles sont leurs diverses utilités pour les hommes, les animaux et le milieu?



Jardin multiétagé à Cuba. Les pratiques de cultures en étages se retrouvent dans le monde entier, sous les climats tropicaux.



Chapitre 2
Histoires de champs

Nous venons d'observer des champs à un moment précis de leur existence. Mais les champs se transforment constamment selon le rythme des saisons, les caractéristiques des espèces cultivées, les travaux agricoles entrepris. Cherchons à **reconnaître cette évolution dans le temps**.

Histoire d'un champ en région sèche soudano-sahélienne

Le champ que nous allons visiter se situe au Sénégal, dans la province du Sine Saloum, où il pleut entre 500 et 700 millimètres par an au cours de l'hivernage. La terre est plane et le sol plutôt sableux. Voyons quelle est son évolution dans le temps. Relevons les éléments saisonniers et permanents.

Des éléments saisonniers

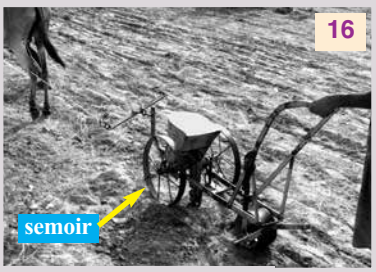
Culture du mil

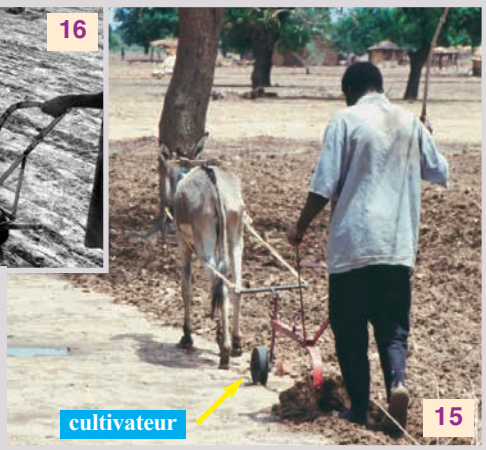
Au cours d'un premier hivernage (saison pluvieuse), le champ est consacré au mil. Il a été labouré au moyen d'un **cultivateur** (15). C'est un engin mécanique composé de trois petits socs, tiré par un animal.

Immédiatement après les premières pluies, le semis a été fait au moyen d'un **semoir** (16).

Un âne a suffi pour le tirer sur cette terre, car le sol y est sableux et meuble. Sur un sol compact, il aurait fallu utiliser un bœuf ou un cheval.

Deux ou trois semaines plus tard, les pluies se sont installées définitivement. Le mil a germé et s'est mis à croître. C'est le temps des sarclages dont le but est d'éliminer les herbes qui concurrencent les jeunes plants de mil. Au bout de trois mois et demi, les plants de mil sont arrivés à maturité (17). Les tiges sont coupées: une partie est stockée en meules (18), une autre reste sur le sol (19). Là, elles sont pâturées par le bétail. Puis, elles sont consommées par les termites. Ce qui reste sur la terre en fin de saison sèche est rassemblé et brûlé pour faire place nette à la culture d'arachide qui suivra (20).





La terre sableuse et meuble est cultivée au moyen de matériel mécanique tiré par un âne.



⇦ *Mil adulte*

Une partie des pailles de mil est stockée en meule comme fourrage ⇨

Les tiges de mil sont laissées sur le champ et sont consommées par les animaux, durant la saison sèche. ⇩ ⇘







Les restes de pailles sont rassemblés et brûlés afin de nettoyer le sol pour y semer l'arachide.

Culture de l'arachide

C'est l'arachide qui va occuper le champ à la saison suivante.

L'arachide a besoin d'un sol net et propre. Elle doit pouvoir enfoncer ses gousses dans le sol sans rencontrer d'obstacles. Comme pour le mil, le champ évolue au cours de la saison en fonction des pluies, du développement des pieds d'arachide et des travaux agricoles.

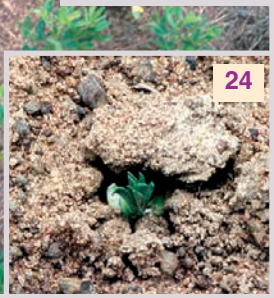


Champ de sorgho à maturité



La jachère succède ici à trois saisons de culture.





Champ d'arachide en pleine croissance. Avec l'énergie contenue dans la graine, le jeune pied d'arachide perce la surface du sol.

Après les premières pluies du début de l'hivernage de la deuxième année, les graines sont semées. Il leur faut quelques jours pour sortir de terre, en développant d'ailleurs beaucoup d'énergie (**24**).

La photo **23** montre les pieds d'arachide en pleine croissance. La récolte des gousses se fait au bout de 12 à 14 semaines. Les **FANES** (feuilles séchées) seront utilisées comme fourrage à la ferme ou vendues. Au cours de la saison sèche qui suit, le sol reste nu, exposé aux rayons solaires et aux vents. Les gousses et les fanes ont été emportées.

Durant cette saison agricole consacrée à l'arachide, nous avons vu se succéder, après le labour, le semis de l'arachide, les sarclages, l'arrachage des plants, la cueillette des gousses sur ces plants, la récolte et le stockage des fanes qui serviront de fourrage. Ces travaux s'étalent entre le mois de juin (premières pluies) et le mois d'octobre (fin du cycle végétatif de l'arachide), selon un calendrier cultural saisonnier.

Culture du sorgho

Lorsque les pluies reviennent, quelques mois plus tard, c'est le temps du sorgho (21). Comme le mil, il va occuper le terrain avec ses longues tiges de 3 mètres de hauteur qui vont retomber au sol après la récolte des épis, 15 à 20 semaines après le semis. Les tiges seront peut-être stockées dans un hangar de la ferme pour nourrir le bétail.

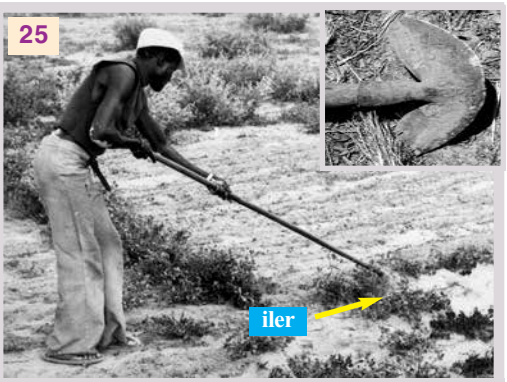
Temps de jachère

Après trois années de culture au cours desquelles plusieurs produits (mil, arachide et sorgho principalement), et sous-produits (fanes et pailles) ont été emmenés hors du champ, la terre a besoin de repos. C'est le temps de la **jachère** (22).

Durant la période de jachère, aucun travaux agricoles ne sont réalisés dans les parcelles. Plusieurs espèces d'herbes se développent **spontanément**. Dans le cas du champ que nous suivons, la jachère durera le temps d'**une seule saison**. Dans d'autres cas, elle peut s'étaler sur deux, trois saisons ou plus. Mais cela n'est possible que chez les cultivateurs qui disposent d'assez de terres arables.

A la saison suivante, la jachère sera nettoyée. Le cultivateur y resèmera à nouveau le mil, puis l'arachide et le sorgho, au cours de saisons pluvieuses successives.

25



L'iler est un outil de préparation du sol et de sarclage adapté aux terres sableuses. Il ne l'est pas pour les terres dures et compactes.

Successions des cultures saisonnières, rotations et assolements

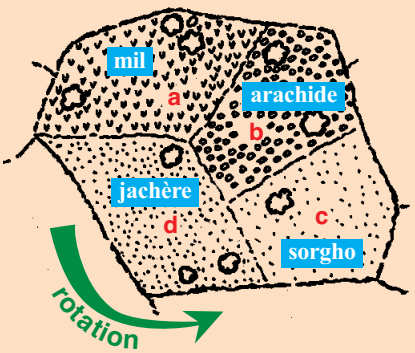
Nous avons vu que le cultivateur fait se succéder, au cours des années, différentes cultures, puis un temps de jachère. On parle de la **SUCCESSION** des cultures. Nous voyons aussi qu'après quatre saisons culturales, quatre années dans ce cas-ci puisqu'il n'existe qu'une seule saison de culture dans cette zone, la même succession va se dérouler à nouveau. On parle alors de **ROTATION** des cultures. La rotation est en fait une succession de cultures qui se répète de la même façon, de périodes en périodes.

Parler de successions et de rotations des cultures, c'est donc parler des changements constants qui existent

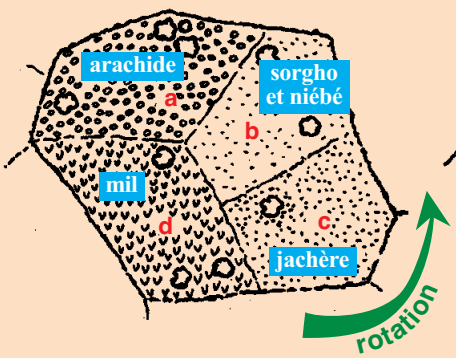
26 ***Assolement et rotation***

Les figures représentent le plan des quatre parcelles d'un cultivateur qui pratique la rotation des cultures.

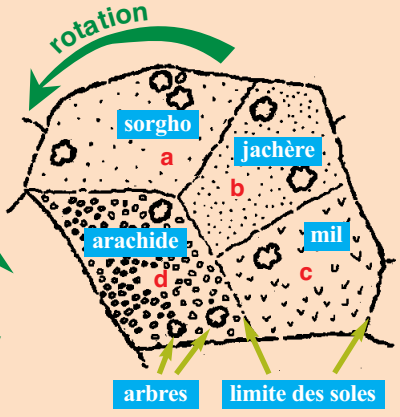
1 Voici l'assolement tel qu'il se présente la 1ère année. Les parcelles **a**, **b**, **c**, d sont appelées soles.



2 Voici l'assolement tel qu'il se présente la 2e année...



3 ...et l'assolement tel qu'il se présente la 3e année



dans les champs, saison après saison, année après année. Nous reviendrons plus loin sur l'intérêt des rotations culturales.

La succession des cultures que nous venons de rencontrer concerne une parcelle de culture délimitée dans l'espace. Mais dans l'exploitation familiale, il y a plusieurs champs. **Au cours d'une même saison**, les champs sont occupés différemment: l'un est occupé par le mil, l'autre par l'arachide, le troisième par le sorgho et le quatrième par la jachère. Le mot **ASSOLEMENT** désigne la répartition des terres de l'exploitation à une période donnée. Les portions de terres réservées à chaque culture sont appelées **SOLES** (26).

La **rotation** se fait donc sur une même parcelle, au cours d'une période de plusieurs années. L'**assolement** concerne toutes les parcelles de l'exploitation au cours d'une seule saison de culture.

La succession des cultures et de leur rotation n'est pas nécessairement rigide. Des variations sont possibles.



Soles de mil à l'arrière, et d'arachide à l'avant.

Certaines années, par exemple, le haricot niébé est associé au sorgho. La succession comprend alors des phases de culture pure (mil, arachide) et des phases d'occupation par des associations végétales: association du sorgho et du haricot niébé, ou association des plantes spontanées de la jachère.

La photo 27 montre une partie de l'assolement du champ visité. On y voit à l'avant la sole d'arachide et à l'arrière, celle de du mil.



Ici, le propriétaire a respecté durablement les arbres agricoles de son champ...



...tandis qu'ici à l'avant, les arbres ont disparu.

Des éléments permanents

Dans le terroir visité, certains exploitants ont été attentifs à préserver des arbres dans leurs champs (28). Il y a des baobabs, des acacias, des nérés, des tamariniers et d'autres espèces. D'autres n'ont pas eu cette attention: ils ont éliminé les arbres sans les remplacer, afin de les utiliser ou de les vendre comme bois de chauffage. Ou alors, ils les ont abattus pour faciliter le passage des charrues (29). Certains favorisent les repousses spontanées, d'autres ne s'en préoccupent pas ou les détruisent lorsqu'ils passent avec leurs outils aratoires.

S'il relève essentiellement du comportement des propriétaires et des usagers, le nombre d'arbres présents sur une terre dépend aussi des pluies et des réserves d'eau se trouvant dans le sol. Sur le terroir que nous sommes en train de visiter, nous pouvons constater que les arbres sont des éléments qui maintiennent de la vie aérienne et souterraine et de la verdure dans l'espace cultivable. Ce sont des **éléments permanents**.

Des paysages en pleine évolution

Dans les lieux que nous venons de visiter, les anciens racontent que, par le passé, les terres étaient plus fertiles, qu'il y avait plus d'arbres et d'animaux sauvages, et que les temps réservés aux jachères étaient plus longs. La population a augmenté et elle a besoin de plus grandes superficies de terres pour vivre. Mais l'évolution assez peu favorable du milieu résulte aussi des comportements humains. Les exploitants et les propriétaires fonciers ont-ils fait les bons choix pour la gestion de leurs ressources et de leur environnement? L'influence des modes de production étrangers a-t-elle été positive ou négative? D'autres choix de gestion des ressources agricoles auraient-ils pu être faits ou pourront-ils se faire?

Histoire d'un champ en région forestière humide

Une transformation permanente

Défrichage forestier en vue du brûlis

L'histoire du champ que nous visitons maintenant commence par le **DÉFRICHAGE** d'une portion de forêt. A la machette, l'agriculteur a coupé tout ce qu'il pouvait. Les gros arbres sont restés sur pieds. Ils domineront la défriche tout au long de la période de culture (**30**).

Après quelques semaines, le défricheur a procédé au **BRÛLIS**. Les branches et les branchettes coupées, ainsi que les herbes sèches, ont été mises à feu (**31**).

Première saison culturale: domination du concombre

Immédiatement après le brûlis, on a semé une espèce pionnière et nettoyante de concombre, très prolifique. Elle est **PIONNIÈRE**, car elle ne craint pas de recouvrir rapidement toute la défriche. Elle se nourrit sur les déchets végétaux bruts et les cendres restés sur le terrain. Elle est espèce **NETTOYANTE** aussi, car elle gêne les repousses des branches abattues et du tapis d'herbes en les étouffant sous ses feuilles abondantes qui empêchent la lumière de les atteindre (**32**).

Sous le couvert du concombre, les termites, les insectes, les vers, les champignons, les bactéries et tout ce qui vit sur les déchets végétaux et dans le sol, font leur travail de décomposition des déchets. Cela se passe au cours de la **première saison culturale**.

Deuxième saison culturale: domination du maïs

Au cours de la saison sèche qui a suivi la culture pionnière, les déchets végétaux ont été rassemblés et brûlés afin de faire place nette. C'est le maïs qui va dominer le champ durant cette saison culturale (**33**). La cultivatrice procède à plusieurs sarclages entre les pieds de maïs. Cela complète les nettoyages précédents.

Le sarclage n'est pas pratiqué de façon absolue. Lorsque la cultivatrice rencontre des plantes spontanées utiles pour l'alimentation familiale ou les médications, elle évite de les éliminer.



Défrichage forestier



Brûlis



Première saison culturale: sous cette variété pionnière de concombre, très couvrante, se fait la décomposition des débris de la défriche.

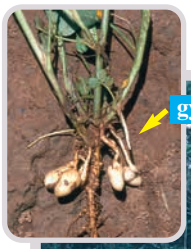


Deuxième saison culturale: le maïs domine le champ, mais quelques autres espèces poussent à ses pieds.

Notes

Troisième saison culturale: domination de l'arachide

Au cours de la troisième saison culturale, c'est l'arachide qui va dominer le champ. Cette espèce a besoin d'un sol propre et ameubli dans lequel elle n'a pas de difficulté à introduire ses **GYNOPHORES**. Ce sont ces fins cordons qui portent les toutes jeunes gousses en terre. La densité de semis est forte. C'est possible parce que le feu, le concombre, le maïs et les sarclages successifs entre les maïs, ont déjà contribué au nettoyage du sol (34).



Troisième saison culturale: dominance de l'arachide, mais présence de quelques pieds de maïs et d'autres espèces qui se développeront à la prochaine saison.

Comme durant la deuxième saison, la cultivatrice évite d'éliminer certaines plantes utiles lors du sarclage. Quelques pieds de maïs, provenant de graines tombées au sol lors de la récolte précédente, sont dans ce cas.

Nous constatons aussi que, entre les pieds d'arachide, plusieurs autres espèces ont été complantées: le macabo, et des rejets de bananiers par exemple. Ces espèces plurisaisonnières vont rester dans le champ au cours des saisons suivantes (35).

Quatrième saison culturale: polyculture

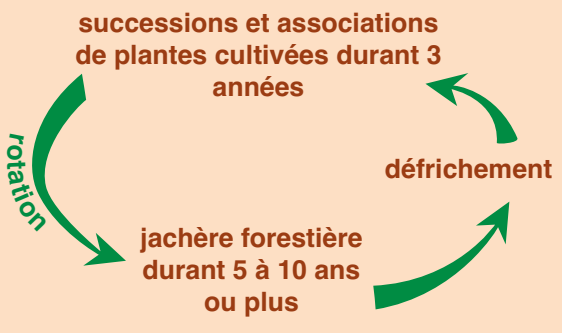
Au cours de la troisième saison culturale, dominée par l'arachide, a débuté le temps des **COMPLANTATIONS** et des **PLANTATIONS**. En parcourant la défriche, on constate qu'elle est découpée en **quatre parties** (**A, B, C** et **D**) qui évolueront chacune à leur façon au cours des saisons suivantes: plantations de caféiers (parcelle **A**) et de cacaoyers (parcelle **B**) pour deux d'entre elles, plantations d'ananas (parcelle **C**) et de manioc (parcelle **D**) suivies de polyculture pour les autres (voir tableau 37).

La photo 35 représente une partie du champ à la fin de la quatrième saison. On y voit cohabiter l'arachide, le macabo et le bananier, des jeunes palmiers, des arbres fruitiers, des légumes saisonniers. Le champ est typiquement polycultural. Il pourra le rester encore durant quelques saisons. La photo 39 montre son aspect deux années plus tard.



Quatrième saison culturale. Mélange de plantes à cycles courts et à cycles longs: bananier, maïs, macabo, arachide, palmier, légumes.

36 Rotation cultures - jachères



Cinquième saison culturale et suivantes

Au cours des saisons suivantes, les parcelles vont continuer à évoluer. Les caféiers et les cacaoyers vont rester en place pour un temps assez long (15 ou 20 ans). Le champ polycultural (**35**) sera exploité durant 4 ou 5 saisons, jusqu'à ce que la fertilité naturelle du sol soit épuisée. Il va alors être abandonné à la jachère.

Au cours de cette période, on verra réapparaître certaines dominances, comme par exemple celle de l'ananas (**38**) ou du manioc.

La jachère longue

La fertilité du sol des parcelles exploitées en polyculture diminue progressivement. C'est pourquoi, après 5 ou 6 ans, l'agriculteur n'entretient plus ces parcelles et les laisse évoluer vers la jachère. La multitude des espèces spontanées qui repoussent rapidement va reconstituer la fertilité du sol en quelques années.

Le tableau **37** et les photos **38** à **41** résument l'évolution de la défriche dans son ensemble et dans chacune de ses parties.

37 Évolution du champ polycultural multiétagé

Succession des saisons après le défrichement

		Plantes saisonnières ou plurisaisonnières associées. Les lettres **A**, **B**, **C**, **D** indiquent les parcelles sur lesquelles les plantes sont localisées	**Principales récoltes**
année 1	1ère saison	concombre, rejets de bananiers	**concombre**
	2e saison	maïs, bananier, quelques légumes	**maïs**
année 2	3e saison découpage en 4 parcelles	arachide, bananier, tabac, maïs, palmier à huile, légumes, macabo caféier (**A**), cacaoyer (**B**), ananas (**C**)	**arachide** bananes, légumes, tabac, maïs
	4e saison	bananier, macabo, tabac, légumes, patate douce, palmier à huile caféier (**A**), cacaoyer (**B**), ananas (**C**), manioc (**D**)	**bananes, macabo** courges, cannes à sucre, patates douces, tabac, légumes
année 3	5e saison	bananier, macabo, patate douce, palmier à huile caféier (**A**), cacaoyer (**B**), ananas (**C**), manioc (**D**)	**bananes, macabo** patates douces, légumes, ananas
	6e saison	bananier, macabo, légumes, palmier à huile caféier (**A**), cacaoyer (**B**), ananas (**C**), manioc (**D**)	**bananes, macabo** manioc (**D**), ananas (**C**), légumes
année 4 et suivantes	7e saison	bananier, macabo, légumes, palmier à huile caféier (**A**), cacaoyer (**B**), ananas (**C**), manioc (**D**)	**bananes, macabo, manioc** (**D**)
	Saisons suivantes	bananiers, macabos et légumes disparaissent progressivement pour laisser la place au caféier (parcelle **A**), au cacaoyer (parcelle **B**), à l'ananas (parcelle **C**), au manioc (parcelle **D**). Les caféiers commenceront à produire à partir de la 8e saison et poursuivront leur vie sur le champ. Les cacaoyers produiront après 5 ou 6 ans (10 à 12 saisons). Ananas et manioc seront progressivement envahis par la jachère qui aura repris le dessus dès la 9e ou la 10e saison.	


38

*Parcelle dominée par l'ananas (**C**)*


39

*Palmier, taro, canne à sucre, courge, piment, tomates cerises, légumes feuilles, herbes médicamenteuses, sont cultivés dans cette parcelle (**D**). Elle évolue vers un jardin multiétagé.*


40


41

*Aspects de la parcelle consacrée au cacao (**B**), après 6 et 15 ans.*

Quelle est l'évolution dans le temps et l'espace des champs que nous visitons? Comment sont organisées les saisons culturales? Quels sont les successions culturales, les rotations et les assolements? Quelles sont les productions dominantes et les productions secondaires?



Chapitre 3
Méthodes de culture

Comparaisons

Les deux champs que nous venons d'observer sont très différents. Le tableau **42** nous permet de voir les similitudes et les différences.

Les chapitres qui précèdent nous ont amenés et encouragés à visiter des terroirs et des champs mis en valeur selon des **méthodes de culture différentes**. Disons qu'il existe deux grandes tendances.

- On peut fonder l'agriculture sur la **biodiversité**. On pratique alors la polyculture, l'agriculture multiétagée, les associations culturales, les méthodes agrobiologiques. **Des équilibres naturels sont recherchés** pour varier les produits et pour lutter contre les ravageurs des espèces cultivées.

  On parle de **BIODIVERSITÉ** lorsque le nombre d'espèces vivantes se trouvant sur une terre, une zone, une région, est élevé. C'est dans la grande forêt équatoriale que la biodiversité est la plus importante. Dans les déserts, elle est minimale.

- L'agriculteur peut rechercher la **simplification** du milieu cultivé et s'orienter vers les pratiques de cul-

ture pure et de monoculture, sous une plus grande dépendance par rapport aux facteurs de production achetés (chapitre 4). De nombreuses **méthodes intermédiaires** sont possibles. Nous pouvons revisiter à ce sujet les deux premiers chapitres.

Notes

42 *Comparaison de deux champs*

	Champ de zone sèche	Champ de zone humide
Saisons climatiques	Une seule saison pluvieuse de 5 mois. Une longue saison sans pluie de 8 mois.	Deux saisons pluvieuses: une grande (4,5 mois) et une petite (3,5 mois) séparées par une grande et une petite saison sèche.
Saisons culturales	Une saison culturale bien marquée (hivernage).	Deux saisons culturales marquées, mais les travaux agricoles se poursuivent en toutes périodes de l'année.
Biodiversité	Faible biodiversité. L'activité biotique est réduite durant les longues saisons sèches.	Grande biodiversité. Grand nombre d'espèces cultivées et spontanées, cohabitant entre elles.
Espèces cultivées	Quelques espèces d'arbres se maintiennent en permanence sur le champ. La plupart des espèces cultivées ne peuvent se maintenir dans le champ durant les saisons sèches. La majorité des espèces cultivées se développent en cycles courts.	Grande variété d'espèces qui se succèdent sur le champ. Plusieurs ont la capacité de se maintenir en vie durant les saisons sèches. Les espèces à cycles de culture courts, moyens et longs, se côtoient.
Techniques culturales	Prédominance des techniques de culture pure. Quelques associations culturales (céréales et légumineuses). Application de rotations saisonnières. Possibilité de mécanisation.	Toutes les techniques de polyculture: complantations, associations d'espèces et de variétés, successions d'espèces dominantes et complémentaires. Mécanisation difficile.
Facteurs limitants	Les pluies.	Les travaux de défrichement et d'entretien.
Jachère	Jachère herbeuse courte (1 ou 2 ans).	Jachère arbustive de longue durée (5 à 12 ans)
Rotation et assolement	Rotation et assolement bien marqués.	Pas de rotation et d'assolement marqués, mais subdivisions progressives (plantation d'arbres et cultures vivrières).
Production	4 productions dominantes: mil, sorgho, arachide, niébé. Quelques productions secondaires (légumes), fruits, noix, gousses, fourrages produits par les arbres. Production concentrée dans le temps (octobre-novembre).	Production très diversifiée obtenue tout au long de l'année: maïs, arachide, manioc, courge, banane, café, cacao, légumes divers, plantes médicinales,...

Etudions ces deux grandes tendances en sachant qu'elles convergent ou divergent selon les circonstances.

La question, pour l'exploitant familial, est de savoir quels équilibres entre les plantes et les animaux il va trouver ou construire sur ses terres et dans l'environnement de sa ferme. L'agriculture est en effet une **recherche permanente d'équilibres** entre les exigences de la production, les contraintes exercées par le milieu, les disponibilités en facteurs de production tels que la terre, le travail, les semences, la présence de l'eau, et les autres facteurs dont nous allons parler plus loin (chapitre 4).

Agricultures multiétagées fondées sur la biodiversité

L'agriculture multiétagée

L'agriculture multiétagée est celle qui **compte sur la biodiversité**. Elle est **organisée en "étages"**.

- Il y a les **étages de végétation**. Les arbres dominent les plantes saisonnières ou les arbustes. Les espèces dressées dominent les espèces rampantes.
- Il y a les **étages économiques**. Comparons-les aux **tiroirs** d'une armoire: ici les céréales et les haricots qui sont les éléments de base produits par le **chef de famille**, là les feuilles et les fruits qui sont récoltés au jour le jour par les **femmes** pour la cuisine, ici encore des noix dont le décorticage apportera de l'argent aux **jeunes filles**, là des gousses fourragères, des médicaments, du bois ou des palmes pour les toitures.
- Il y a les **étages écologiques**. Les plantes se disposent ou sont disposées en fonction des services écologiques qu'elles peuvent rendre: rafraîchissement du climat, protection contre les tornades, apports d'éléments fertilitaires, abri pour la faune, occupation diversifiée du sol et du sous-sol, etc.



Dans les rizières de Casamance (Sénégal), des massifs d'arbres fruitiers établis sur des buttes surplombent les rizières inondables. Ils accroissent la biodiversité dans les rizières.

Les étages résultent de l'application d'une **stratégie de culture à moyen et à long terme**.

Les photos **7**, **10**, **11** et **12**, nous ont présenté quelques exemples d'agricultures multiétagées.

Le terme "agriculture multiétagée" désigne un ensemble de pratiques visant à associer les plantes cultivées ou spontanées dans les exploitations agricoles. Cette notion regroupe une série de définitions utilisées par les agronomes et les chercheurs:

- ✔ les **CULTURES ASSOCIÉES**: plusieurs espèces saisonnières ou plurisaisonnières sont cultivées ensemble sur une parcelle;
- ✔ l'**AGROFORESTERIE**: une ou plusieurs espèces de plantes herbacées se développent sous le couvert d'une ou de plusieurs espèces d'arbres. Toutes les espèces présentes participent au rendement du champ;
- ✔ l'**AGROSYLVICULTURE** combine la production agricole saisonnière et celle de bois d'œuvre, de charpente ou de chauffage;
- ✔ l'**AGROPISCICULTURE** combine l'agriculture et la pisciculture, ou encore l'agroforesterie et la pisciculture (**44**);
- ✔ l'**AGROPASTORALISME** combine des activités agricoles et des activités pastorales ou d'élevage.



Cette exploitation agro-piscicole du Vietnam produit des fruits, des tubercules, des grains, des volailles, du poisson, des abeilles, ainsi que leurs nourritures, sur une même parcelle.



Selon le cultivateur de cette parcelle, le rendement alimentaire de l'association chou-carotte est supérieur à ce qui serait obtenu en les cultivant sur des parcelles différentes.

Parlons aussi d'agricultures **SYNERGIQUES** lorsque deux espèces qui vivent ensemble sur une même parcelle offrent au cultivateur un rendement accru par rapport à ce qu'elles donneraient si elles étaient cultivées séparément. On peut parler de synergies parce que ces plantes combinent leurs énergies au bénéfice de l'agriculteur (**1**, **2**, **3**).

Un exemple très typique de synergie entre plantes est celui de l'*Acacia albida* et des céréales, très fréquent en Afrique de l'Ouest. Nous le décrirons plus loin.

Avantages des systèmes d'agriculture fondés sur la biodiversité

Contentons-nous pour l'instant de relever ici quelques aspects essentiels.

La biodiversité permet aux familles de disposer d'un **large éventail de produits** utiles pour la consommation familiale et pour la vente. Elle **valorise en priorité les facteurs de production présents sur le terroir**.

Dans le contexte de fermes tropicales, les arbres sont les éléments qui stabilisent les champs, comme d'autres espèces d'arbustes ou d'herbes qui se maintiennent dans les champs de façon permanente.

Sur le plan **alimentaire**, l'agriculture multiétagée apporte la diversité nécessaire à la santé familiale.

Plus grande est la biodiversité agricole, mieux **le travail familial se répartit dans le temps** pour les semis, les entretiens, les récoltes, les transformations.

Certaines espèces, souvent des arbres, fournissent des **produits en saison sèche**, alors qu'à ce moment, aucune culture saisonnière ne se trouve dans les champs.

Les **risques de ravages** résultant de conditions climatiques, d'attaques parasitaires, de chute de prix, etc. sont répartis entre plusieurs espèces. Disons que "tous les oeufs ne sont pas mis dans le même panier".

Difficultés liées à l'agriculture multiétagée

La biodiversité présente un intérêt certain pour les familles, mais elle n'est pas sans **difficultés**:

- l'agriculture multiétagée exige de la part des cultivateurs une **très bonne connaissance des espèces**, de leurs formes, de leurs cycles végétaux, des rapports qu'elles ont entre elles, des techniques d'entretien et de récolte, des complémentarités alimentaires et des synergies.

  Cette **connaissance** est plus présente en milieu paysan. Chez les techniciens encadrant ce milieu, cette connaissance empirique est souvent peu valorisée et la recherche scientifique et technique ne s'y intéresse guère. Elle est donc **en train de disparaître**;

- **l'agriculture multiétagée n'a pas fait l'objet de recherches scientifiques significatives** dans le cadre des fermes paysannes africaines. Les services d'encadrement se sont plus intéressés aux systèmes agricoles simplifiés fondés sur les cultures pures et la recherche de hauts rendements obtenus au moyen de facteurs de production achetés: semences sélectionnées, engrais et pesticides industriels;

- gérer le développement d'arbres se fait sur le **long terme**. Dès le départ, il faut prévoir comment ils se développeront, quelle place ils prendront dans le champ, en combien de temps ils se mettront à produire. La mise en oeuvre de plantations à long terme est difficile dans des contextes incertains;

- les **problèmes liés à la propriété foncière** limitent souvent la réalisation de plantations multiétagées. Un simple usager de la terre n'a pas le droit de planter des espèces pérennes (chapitre 11). Tout au plus peut-il laisser se développer des semis spontanés. Pourquoi s'occuperait-il d'ailleurs des arbres puisqu'il n'est pas sûr de garder le droit d'usage de la terre à long terme? Dans l'état actuel des droits fonciers africains, seuls les propriétaires de terre sont donc à même de créer des étages arborés bien organisés. Mais les propriétaires n'exploitant pas eux-mêmes leurs terres s'intéressent peu à construire activement un étage arboré;

- les structures d'**enseignement** et de formation prennent souvent trop peu en compte les potentialités des associations culturales et des cultures multiétagées;
- la **complexité du contrôle antiparasitaire** est plus grande qu'en culture pure;
- la **destruction de l'environnement** des fermes par les feux, le surpâturage, l'exploitation excessive du bois, est très défavorable aux méthodes d'agriculture multiétagée.

Gérer la biodiversité dans les fermes familiales comporte les avantages et les inconvénients que nous venons de décrire. Il y a intérêt à **trouver des équilibres** entre les différentes méthodes permettant d'assurer simultanément l'autosuffisance familiale, la génération de revenus monétaires, la stabilité économique et la durabilité de l'exploitation.

Les méthodes de culture pure

Principes de la culture pure

La **culture pure** est pratiquée dans un champ ou une plantation en faveur d'une seule espèce végétale.

Les **principes** de la culture pure sont les suivants:

- l'espace aérien et souterrain de la parcelle est entièrement consacré à **une seule espèce**;
- **la parcelle est nettoyée** entièrement, afin de créer des conditions favorables à l'espèce cultivée. Ce nettoyage se fait avant la mise en culture et durant les semaines qui suivent. La parcelle est régulièrement sarclée ou désherbée, afin que les plantes adventices (mauvaises herbes) ne gênent pas le développement de l'espèce privilégiée. La photo **46** montre une plantation de caféier établie en culture pure. Le sol est entièrement nettoyé;
- les **intrants** naturels ou artificiels, tels que les engrais et les produits phytosanitaires, sont spécialement étudiés en fonction du potentiel de production de la seule espèce mise en culture;
- l'**organisation du travail** est en général facilitée par le dispositif de plantation **en lignes** qui facilite les passages des travailleurs ou des machines, lors des semis, des entretiens et des récoltes.

Avantages des pratiques de culture pure

Les avantages des pratiques de culture pure se situent sur plusieurs plans.



Plantation de café arabica en culture pure, au Rwanda.



Culture pure de riz inondé. Les diguettes sont occupées par du gombo.

- Les **opérations techniques** se limitent aux seuls besoins de l'espèce cultivée. Le suivi du bon développement des plantes est aisé.
- **Certaines espèces cultivées supportent mal la concurrence** d'autres espèces. La culture pure leur permet d'exprimer leur plein potentiel productif.
- Certaines espèces ou variétés sont **avantageusement menées en culture pure**. Par exemple, lorsqu'on inonde des casiers riziers (**47**), seule la culture pure est intéressante. (Cela n'empêche qu'après l'inondation, d'autres espèces que le riz puissent être cultivées sans inondation, dans les mêmes casiers).
- **L'application de fumures ou de traitement phytosanitaire** se fait de façon homogène.
- La **gestion de l'eau** est relativement aisée dans les champs irrigués, puisqu'il ne faut tenir compte que des besoins d'une seule espèce.
- Certaines espèces ont été bien **étudiées par la recherche scientifique**. Les propositions d'amé-

liorations culturales sont bien établies, par exemple dans des paquets technologiques dont nous parlons ci-dessous. Les méthodes de recherche agronomique sont plus faciles à appliquer espèce par espèce.

- ▲ L'**organisation du travail** est facilitée en culture pure, car les tâches sont moins nombreuses que dans les champs polyculturaux. Les travailleurs agissent de façon répétitive.
- ▲ Les **récoltes sont concentrées** sur des périodes prévisibles, ce qui intéresse souvent les filières commerciales.

Inconvénients des pratiques de culture pure

Les inconvénients présentés par les pratiques de culture pure sont mis en lumière par les avantages des pratiques d'associations culturales fondées sur une recherche de biodiversité:

- ▼ les cultures pures consomment parfois **beaucoup d'espace**, comme on le voit plus haut sur la photo 46;
- ▼ dans les exploitations qui se consacrent trop exclusivement aux cultures pures, apparaissent des **temps morts**. Ce sont des périodes d'inoccupation de la main-d'œuvre. On constate du chômage périodique;
- ▼ ces exploitations sont soumises à des **risques non négligeables**: climatiques, pathologiques, économiques. Une attaque parasitaire peut avoir des conséquences catastrophiques sur toute la production.

Culture pure, monoculture et filières

Les techniques de cultures pures ont toujours eu la faveur des services techniques et de la recherche agronomique en Afrique. Elles ont été préconisées par ces services de vulgarisation dans l'optique des grandes cultures commerciales dites **CULTURES DE RENTE** ou **CULTURES D'EXPORTATION**. Il est en effet plus facile de gérer les facteurs de production autour d'une seule espèce que d'avoir à suivre plusieurs espèces à la fois sur une même parcelle.

Les grandes firmes produisant des semences et des intrants préfèrent également les modes de culture pure, puisqu'elles sont mieux à même de proposer des paquets technologiques liés à leurs productions commerciales de semences et d'intrants chimiques.

48 *Hommes et femmes: des pratiques différentes*

Les hommes et les femmes n'ont pas toujours la même approche de l'agriculture, comme le montrent les photos ci-dessous prises au Sénégal. Les femmes recherchent plus la diversité alimentaire et la variété commerciale, alors que les hommes visent plutôt l'obtention de hauts rendements monétaires.

Dans le premier jardin, réalisé par des femmes, on trouve plusieurs espèces maraîchères et fruitières, herbacées ou arbustives (**49**). L'eau et les engrais sont appliqués avec parcimonie. La récolte est composée de plusieurs produits. Les oignons qu'on y trouve ne sont pas très gros. Ils sont durs et leur goût est prononcé.


49

Le deuxième jardin est entièrement consacré à l'oignon, en vue de sa commercialisation (**50**). Il reçoit des engrais chimiques et est traité au moyen de pesticides. Il est arrosé abondamment matin et soir. Le rendement des planches est élevé. Les oignons sont gros et gavés d'eau. La récolte se fait en une seule période.

Ce sont deux façons modernes de pratiquer l'agriculture. Les méthodes et les résultats sont différents.


50

Monoculture

Lorsque toute une exploitation, un terroir, une région, se limitent à la culture d'une seule espèce, on parle de **MONOCULTURE**, ou d'**économie monoculturale**. Cette économie se situe dans une filière exclusive: celle du riz, celle de l'arachide ou du coton, celle de la banane, du manioc, etc.

Les économies monoculturales sont à la merci des marchés internationaux. Ce sont les intermédiaires commerciaux et les firmes internationales qui déterminent les prix, les qualités, les types de semences. Elles sont en général plus favorables aux grandes exploitations entièrement intégrées dans les circuits commerciaux et financiers, qu'aux petites fermes familiales qui le sont moins et qui poursuivent, au moins partiellement, des objectifs d'autosuffisance familiale.

Filières

On parle de **FILIÈRES** pour désigner toutes les activités qui se déroulent autour d'un seul type de produit agricole. La "filière coton", par exemple, regroupe toutes les activités de culture, de ramassage, de transformation, de filage, de tissage, de commerce, etc. de la fibre de coton (52). La "filière banane" prend en compte tout ce qui concerne la banane d'exportation, depuis la sélection et la plantation des rejets jusqu'à la table des consommateurs.

La notion de filière s'applique dans le cadre des grands marchés commerciaux plus que dans celui des agricultures familiales et locales. Par exemple, la "filière banane" s'intéresse aux fruits exportables sur les marchés internationaux beaucoup plus qu'à la production bananière d'autoconsommation familiale.



Les filières sont appuyées par la recherche agronomique de chaque pays, et aussi par des instituts internationaux spécialisés qui offrent une importante documentation sur les espèces dont ils s'occupent. Ils peuvent être contactés à travers les services agricoles nationaux et internationaux, ou sur internet.

Chaque exploitant agricole participe à sa façon à une ou plusieurs filières, qu'il a avantage à bien connaître.

52 *Les activités de la filière coton*

Recherche scientifique
- ⇨ sur les variétés
- ⇨ sur les qualités semencières et la production de semences
- ⇨ sur les techniques culturales
- ⇨ sur les ravageurs
- ⇨ sur les intrants utiles au coton

Vulgarisation
- ⇨ services de vulgarisation dans le cadre de l'Etat ou de sociétés sectorielles de développement du coton
- ⇨ paquets technologiques
- ⇨ financement des grands projets
- ⇨ crédits de campagne

Organisation professionnelle
- ⇨ coopératives
- ⇨ groupements de producteurs
- ⇨ unions des producteurs de coton

Production
- ⇨ semis
- ⇨ entretien
- ⇨ récolte
- ⇨ utilisation des sous-produits

Ramassage
- ⇨ collecte des fibres dans les exploitations

Transformation
- ⇨ transformation primaire à proximité des zones de production
- ⇨ filage
- ⇨ tissage
- ⇨ impressions

Commercialisation
- ⇨ exportation directe du coton
- ⇨ exportation de tissus

Taxation
- ⇨ prélèvement de taxes par l'État

Dans la filière, le mauvais fonctionnement de l'un ou l'autre élément peut compromettre l'ensemble. Si, par exemple, les intrants arrivent en retard au niveau des exploitations, les rendements et les revenus vont être sérieusement diminués, les crédits de campagne ne pourront être remboursés, l'usine ne fonctionnera pas à sa capacité optimale, etc.

Modernisation de l'agriculture

Paquets technologiques

Les promoteurs de la modernisation de l'agriculture ont tendance à proposer des pratiques simples et efficaces sous forme de **PAQUETS TECHNOLOGIQUES**. Ceux-ci comprennent des semences améliorées par la recherche, des engrais chimiques, des pesticides, et un mode d'emploi précis définissant les pratiques culturales pour mettre en œuvre ces facteurs. Les paquets technologiques concernent un petit nombre d'espèces cultivées (coton, riz, arachide, soja, par exemple). Ils s'adressent à ceux qui pratiquent les cultures pures. Ils sont souvent liés à des crédits de campagne accordés par des firmes ou des institutions de vulgarisation.

La modernisation par paquets technologiques a été mise en place autour des cultures commerciales, car elles engendrent des revenus monétaires suffisants pour couvrir l'achat des facteurs de production faisant partie du paquet.

Ce type de modernisation est efficace à court terme, tant pour l'agriculteur que pour les intermédiaires agissant en amont et en aval de l'exploitation. Mais des inconvénients peuvent apparaître après quelques années. Le but est en effet de produire rapidement de l'argent. Il n'est pas de créer des équilibres agro-écologiques stables et durables entre les diverses ressources disponibles dans les terroirs et l'exploitation économique qu'on en fait.

Modernisation à la recherche d'équilibres durables

La modernisation agricole doit être fondée d'abord sur la **recherche d'équilibres meilleurs** entre tous les facteurs de production durablement disponibles dans le milieu. Relevons quelques aspects de ces équilibres:

- équilibre **entre les sources de savoir** inspirées des traditions paysannes et celles inspirées par la recherche scientifique,
- équilibre entre **les machines, les arbres, les plantes,**
- équilibre **entre les plantes utiles** à la consommation humaine et les fourrages pour le bétail,
- équilibre **dans l'espace** réservé aux cultures et aux pâturages,
- équilibre entre ce qui est **exporté** de la terre (sous forme de produits) et ce qui y est **importé** (sous forme d'engrais),
- équilibre entre les plantes cultivées pour l'**autoconsommation** et pour le **commerce**,
- équilibre entre ce qui est mis en **réserve** pour les besoins familiaux et ce qui est vendu,
- équilibre entre les **facteurs de production disponibles sur le terroir** lui-même et les facteurs qu'il faut **acheter**,
- équilibre entre les **recettes** et les **dépenses**.

Il n'est pas facile de créer et de respecter tous ces équilibres. Mais il faut **avoir conscience de leur nécessité**, sans quoi, on risque de compromettre l'avenir de l'exploitation.Illustrons cela par **quelques exemples**.

✘ Le **labour mécanique** facilite le travail de mise en culture. Il est un progrès certain. La charrue ameublit le sol plus profondément que la houe manuelle. Les racines des plantes cultivées pénètrent le sol facilement. On note une augmentation du rendement dès le premier labour mécanique. Toutefois, si on n'y prend garde, ce bénéfice disparaît au bout de 2 ou 3 années: la terre est épuisée, sa structure est abîmée.

En fait, **le labour modifie brusquement les équilibres naturels du sol**. Tout ce qui contribue naturellement à sa fertilité est dérangé, en particulier les organismes vivants. Parallèlement à la mécanisation du labour, il faut développer une bonne politique associant une fertilisation naturelle et artificielle (fumier animal ou végétal, compost), le semis de plantes fertilitaires, l'encouragement de la vie du sol, des mesures de protection du sol contre les effets de la pluie et du vent. Tout cela est nécessaire pour que le niveau de fertilité se maintienne malgré la mécanisation.

✘ L'application d'engrais chimiques industriels sur une terre a un effet immédiat sur les rendements. Nous analyserons plus loin leurs modes d'action. Mais celui qui utilise de l'engrais dépend des firmes commerciales ou des services techniques. Si les livraisons sont régulières et arrivent à temps, il n'y a pas beaucoup de difficultés à suivre les calendriers d'épandage. Par contre, lorsque des retards se manifestent, les risques d'échec des cultures sont importants.

Des pratiques de fertilisation moins dépendantes du commerce et des moyens financiers s'avèrent souvent efficaces à long terme. Elles consistent à produire les éléments fertilitaires dans la ferme et à entretenir la vie du sol par tous les moyens: association dans les champs d'espèces se complétant l'une l'autre, culture de plantes fertilitaires (engrais verts) ou fourragères, compostage, etc.

Une modernisation tenant compte de la biodiversité, en particulier dans le sol, n'est pas incompatible avec l'usage de facteurs achetés. Mais elle est une condition prioritaire lorsqu'on recherche des équilibres durables.

✘ Un **insecticide** régulièrement appliqué sur un champ tue les ravageurs de l'espèce cultivée. Mais il tue aussi les insectes utiles, et en particulier ceux qui s'attaquent aux ravageurs dont on veut préserver l'espèce cultivée. Souvent, l'épandage de l'insecticide évite des pertes de rendement à court terme au cours de la campagne agricole. Mais plus tard, on est obligé de dépenser de plus en plus d'argent pour combattre le ravageur qui arrive, petit à petit, à s'adapter et à résister à l'insecticide.

Une autre forme de modernisation se fonde, elle, sur la biodiversité des espèces de plantes et d'insectes vivant dans le champ. En améliorant la biodiversité, on peut arriver à **atténuer les effets du ravageur, sans toutefois l'éliminer complètement**: association d'espèces cultivées différentes, encouragement d'insectes auxiliaires de culture qui attaquent le ravageur, utilisation de pièges, association de plantes insectifuges, etc.

Ces trois exemples montrent que **la modernisation de l'agriculture familiale ne se limite pas à l'usage de facteurs de production achetés** dans le commerce ou distribués par des filières spécialisées.

Une modernisation **durable** est fondée d'abord sur des équilibres naturels. Les facteurs extérieurs sont bienvenus lorsqu'ils respectent ces équilibres en utilisant au mieux les ressources du terroir et sa biodiversité, plutôt qu'en les détruisant.

Dans la plantation de la photo **54**, on a utilisé toutes sortes d'intrants achetés dans le commerce, suivant les conseils d'intermédiaires peu scrupuleux: engrais chimiques, correcteurs d'acidité et de déficiences minérales du sol, produits agissant sur la floraison et la fructification. Il est patent que cette plantation est malade de ses intrants.

Agricultures "traditionnelle" et "moderne": des différences ?

En Afrique, on oppose souvent **AGRICULTURE TRADITIONNELLE** et **AGRICULTURE MODERNE**. La première serait celle qui s'inspire des pratiques ancestrales. La seconde est celle qui fait appel à la science des chercheurs et aux facteurs de production achetés, à la mécanisation. La première, au dire de techniciens et d'économistes, serait amenée à disparaître, alors que la seconde apporterait les solutions susceptibles de résoudre problèmes alimentaires des peuples et leur permettrait d'accroître leurs revenus (**53**).

53 Quelques mots dont il faut analyser objectivement le sens

Le langage courant des techniciens et des économistes utilise des mots qu'il convient d'analyser:

- ❒ l'**AGRICULTURE DE SUBSISTANCE** est celle qui vise à satisfaire exclusivement les besoins familiaux;
- ❒ l'**AGRICULTURE TRADITIONNELLE** est celle qui se fonde sur les coutumes ancestrales. Dans les anciens textes coloniaux, on parlait d'**AGRICULTURE PRIMITIVE**;
- ❒ l'**AGRICULTURE MODERNE** est celle qui, dégagée des traditions agricoles, utilise toute une gamme de facteurs de production issus de la recherche scientifique, de l'industrie et du commerce. Les textes coloniaux parlaient à l'époque d'**AGRICULTURE EUROPÉENNE**;
- ❒ l'**AGRICULTURE DE RENTE**, ou **COMMERCIALE**, est celle qui fournit des produits vendables sur les marchés. Elle apporte des revenus monétaires à ceux qui la pratiquent;
- ❒ l'**AGRICULTURE D'EXPORTATION** est une agriculture de rente dont les produits sont vendus principalement à l'étranger.

L'utilisation de ces mots est souvent délicate. Pourquoi une agriculture visant la subsistance familiale ne pourrait-elle pas être "moderne"? Pourquoi un cultivateur se fondant sur ses traditions ne pourrait-il commercialiser des produits? En Afrique, certains systèmes de culture sont très efficaces, qu'ils s'inspirent des traditions ancestrales ou des apports de la science étrangère. D'autres fonctionnent mal et n'arrivent plus à nourrir les familles. Mais ce mauvais fonctionnement trouve souvent ses causes dans des facteurs extérieurs à l'exploitation familiale. Les excès du "modernisme agricole", comme d'ailleurs les évolutions ralenties par des traditions inadaptées, doivent être analysés avec objectivité.

Cette façon de voir les choses reste encore ancrée dans les conceptions du temps colonial, au cours duquel on parlait d'agriculture "primitive" et d'agriculture "européenne". Si on en développe l'analyse, on constate que certaines propositions modernistes peuvent aller à l'encontre des intérêts des exploitants familiaux.

Les sciences paysannes sont à la base des systèmes agricoles séculaires qui ont été bousculés, sinon anéantis, au nom de modernisations. Ils sont pourtant riches d'expériences et d'enseignements pour la recherche d'équilibres agricoles durables.



La modernisation d'une culture est une question d'organisation de la vie du sol et du champ, plutôt qu'une utilisation outrancière d'intrants chimiques. Ici, nous voyons des bananiers malades des intrants qui leur ont été appliqués de façon gaspilleuse (Sud Liban).

Ils étaient fondés sur des équilibres entre les **RESSOURCES DE TERROIRS** qui sont les facteurs de production locaux, biotiques et abiotiques.

L'expérience accumulée par les nombreuses générations de paysans, sur la base des ressources de leurs terroirs, doit être une source d'inspiration pour la modernisation de l'agriculture **autant** que l'expérience de chercheurs et de techniciens travaillant dans les contextes internationaux.

Dans notre environnement, quelles méthodes de culture rencontrons-nous? Quelle est l'efficacité de chacune d'elles? Comment satisfaire au mieux, à partir de ces méthodes, l'ensemble des besoins familiaux, qu'ils soient alimentaires, sanitaires, écologiques, financiers ou autres? Quels sont les apports respectifs des pratiques dites "traditionnelles" et dites "modernes"?

Chapitre 4
L'agriculture: ses buts, ses moyens, ses limites



Nous avons visité quelques champs. Les caractéristiques propres de chacun d'eux dépendent de nombreux éléments: le climat, les sols, les techniques utilisées, les plantes, les besoins des habitants, les méthodes de culture qui y sont appliquées. Poursuivons nos observations en relevant que l'agriculture ne peut être qu'un **système** qui respecte de nombreux équilibres entre:

- ce que l'agriculteur **veut** faire: ses **buts**,
- ce que l'agriculteur **peut** faire: ses **moyens**,
- ce que l'agriculteur **ne peut pas** faire: ses **limites**.

Dans ce livre, nous parlerons de l'**AGRICULTURE FAMILIALE**. C'est celle qui vise à satisfaire l'ensemble des besoins des familles, soit par la consommation directe, soit par le commerce. Les méthodes utilisées peuvent aussi bien être nées dans les traditions que dans les apports techniques extérieurs.

Ce que l'agriculteur veut faire

La volonté de tout agriculteur est d'assurer son existence et celle de sa famille, et si possible de **bien vivre**. Les buts qu'il poursuit sont différents selon sa richesse, ses disponibilités en terre, le lieu où il habite, la dimension de sa famille, la vie de sa région,...

- Il peut chercher à **satisfaire les besoins familiaux**: on dit alors que **son but est l'AUTOSUFFISANCE, l'AUTOSUBSISTANCE ou l'AUTOCONSOMMATION FAMILIALE**.
- Il peut être **intéressé par des REVENUS MONÉTAIRES**, c'est-à-dire l'argent que lui procure la vente de ses produits.

- C'est peut-être la **sécurité** pour lui-même, pour sa famille et pour les travailleurs de sa ferme qui le motive. Ou encore l'**entente** au sein de sa famille ou de la communauté dans laquelle il vit. On parle alors de **SÉCURITÉ ALIMENTAIRE, SOCIALE** ou **ÉCONOMIQUE**. On dit que la sécurité alimentaire est assurée lorsque la famille dispose, **quantitativement et qualitativement**, des aliments dont elle a besoin. Il y a sécurité sociale lorsque les risques de la santé et de l'emploi sont correctement assurés.
- Son but peut être aussi de **protéger la terre et les autres ressources dont il dispose** pour pratiquer l'agriculture. On parle alors de la gestion **durable** des ressources.

Le choix des terres, des plantes cultivées et des pratiques culturales diffère selon que l'on poursuit l'un ou l'autre de ces buts.

Ce que l'agriculteur peut faire

L'agriculteur dispose de moyens qu'on appelle les **FACTEURS DE PRODUCTION**. Ce sont les choses qui servent à produire. Voyons au tableau **55** quels sont les principaux facteurs de la production agricole.

Lorsque l'agriculteur parvient à équilibrer l'usage de ses facteurs de production sans compromettre l'avenir de sa terre et de son exploitation, on parle d'**AGRICULTURE DURABLE**.

Par contre, lorsque l'agriculteur se contente de puiser la fertilité de ses terres, sans imaginer ce qui se passera dans l'avenir, on parle d'**AGRICULTURE MINIÈRE**. Dans une mine, en effet, on prélève le minerai sans jamais le renouveler.

Ce qu'il ne peut pas faire

L'agriculteur rencontre des **limites** à son activité. On parle de **FACTEURS LIMITANTS**. C'est ce qu'il exprime lorsqu'il dit qu'il "manque de moyens" ou qu'il "manque de connaissances". Prenons quelques exemples.

- ❏ Si les pluies ont été insuffisantes au début de l'hivernage, les semis se dessèchent et la culture ne peut donner de résultats satisfaisants. Le facteur limitant est l'**eau**.
- ❏ Si la production est très abondante et qu'il n'y a pas assez de **travailleurs** pour la récolte, le facteur limitant est la main-d'œuvre. Cela veut dire que les travailleurs présents à la ferme n'arrivent pas à récolter tous les produits.
- ❏ Il se peut qu'une machine permettrait d'accélérer le travail des récolteurs mais qu'il manque d'**argent** pour acheter cette machine. C'est alors l'argent qui est le facteur limitant.

Les limites rencontrées pour l'activité et le progrès agricoles sont aussi appelées des **CONTRAINTES**. Elles sont nombreuses et diversifiées. Outre les exemples que nous venons de citer, on peut dire qu'il existe des contraintes de **surfaces cultivables**, de **qualité des sols**, de quantité et de qualité des **semences**, de **climat**, de **maladies** des hommes, des plantes ou du bétail, de qualité de l'**outillage**,... L'agriculteur cherchera à réduire ces contraintes une à une, en commençant par celles qui sont les plus fortes et qui gênent le plus l'activité agricole.

Il y a aussi d'autres contraintes qui ne sont pas propres aux facteurs de production décrits dans le tableau **55**. Elles proviennent du milieu environnant: les **prix des produits**, l'**organisation** ou la **désorganisation des marchés**, les **connaissances techniques** insuffisantes, la **situation de la ferme** à proximité ou à trop grande distance d'une route, etc.

La production agricole résulte de la mise en œuvre simultanée de plusieurs facteurs de production. S'ils sont disponibles, la production risque d'être bonne. Mais si l'un ou l'autre manque, elle peut être nulle. Si l'eau manque et que la sécheresse s'installe, la culture échoue. Mais même si l'eau est suffisante, un autre facteur limitant peut se manifester. Par exemple: les semences manquent, ou la main-d'oeuvre ne suffit pas pour les récoltes.Disons donc que **lorsqu'une limite est dépassée, une autre sera rencontrée**.

Conclusion

Que veut l'agriculteur? Que peut-il? Que ne peut-il pas? Munis de ces questions, nous pourrions retourner dans les champs que nous avons visités, afin de mieux comprendre ce que nous y avons vu. Nous pourrions les caractériser en fonction des **buts** poursuivis par le cultivateur, de ses **moyens** et de ses **contraintes**. Ces trois éléments déterminent les pratiques agricoles.

L'agriculteur lutte pour desserrer les contraintes et dépasser les limites qui gênent son activité. Mais attention aux illusions! S'il veut progresser, c'est **un ensemble de facteurs qu'il doit mieux gérer**, plutôt que de parier exclusivement sur l'un ou sur l'autre.

L'agriculture est avant tout l'affaire de la vie: celle des hommes, celle des plantes et du bétail, celle du sol. Ne pas respecter la vie au nom d'un modernisme mal conçu peut entraîner des catastrophes.

55 Les facteurs de la production agricole

La terre

La terre est un facteur de production essentiel en agriculture paysanne. Sans elle, le cultivateur est démuni.

La production d'une ferme dépend d'une part de la **surface,** ou **superficie,** de terre disponible, d'autre part de la qualité de celle-ci, ou de sa **fertilité**. La fertilité est la capacité d'une terre à nourrir les plantes qui y poussent. Elle peut être naturelle ou artificielle (lorsqu'elle dépend de ce que l'homme apporte à la terre).

La **propriété foncière** et les **droits d'usage** de la terre sont également des aspects importants. Ils déterminent ce que peut faire l'exploitant, la durée de l'usage ainsi que les possibilités d'aménagements.

L'eau

Pour que la vie se développe correctement au bénéfice de l'agriculteur, l'eau est indispensable. Elle doit être présente **aux bons moments** de la vie des plantes et **en quantité suffisante**.

Dans la plupart des cas, c'est la **pluie** qui fournit l'eau aux cultures (agriculture **pluviale**). Mais s'il en a les moyens, l'agriculteur peut apporter lui-même l'eau qui abreuve ses champs. C'est l'**irrigation**. Parfois, l'eau est trop abondante sur une terre. On procède alors au **drainage**.

Dans de nombreuses régions d'Afrique, les pluies sont insuffisantes et irrégulières. L'insuffisance des pluies **limite le rendement des terres**.

Les outils

Pour effectuer son travail, l'agriculteur utilise des outils plus ou moins perfectionnés. Ces outils sont actionnés par l'**énergie** humaine, animale, mécanique (celle des moteurs), hydraulique (celle de l'eau) ou éolienne (celle du vent).

Les outils sont de fabrication **artisanale** s'ils sont fabriqués par des artisans, ou **industrielle** lorsqu'ils sont fabriqués dans des **usines**.

Pour des outils plus importants, on parle d'**équipements**. Ce sont par exemple des charrues, des charrettes, des tracteurs, des décortiqueuses, des pompes à eau, des citernes, etc.

Les plantes

C'est autour des plantes qu'est organisée l'agriculture. Tous les actes des cultivateurs visent à satisfaire les besoins des plantes pour que celles-ci produisent correctement.

Une agriculture peut être caractérisée par le **nombre d'espèces** cultivées, par la **diversité** des produits récoltés et par les **qualités** de ces produits pour la consommation humaine et animale.

Un point important pour l'agriculteur est de rechercher les **variétés** de plantes qui répondent le mieux à ses souhaits, tant en quantité qu'en qualité. C'est pourquoi il est nécessaire de trouver de bonnes **semences**. Les variétés de plantes et leurs semences (graines ou boutures) sont à considérer comme des facteurs de production.

Les plantes participent aussi à la fertilité des sols. Certaines plantes, dites "engrais verts", sont utilisées spécialement pour la fertilisation du sol.

Le travail

Cultiver la terre exige beaucoup de travail. Le travail agricole dépend des saisons et de la vie des plantes cultivées. C'est pourquoi on dit que le **travail agricole est saisonnier**. A certaines périodes, les travailleurs de l'exploitation agricole, hommes ou femmes, sont surchargés (par exemple au moment des semailles ou des récoltes); à d'autres périodes, il y a peu à faire dans les champs.

La **disponibilité** en travail, sa **qualité** et sa **facilité** peuvent être influencées par de bonnes pratiques agricoles et par le perfectionnement de l'outillage.

Le travail peut être fait par l'**homme**, par l'**animal** ou par les **machines** qui, chacun, sont capables de fournir une certaine quantité d'**énergie**.

La **main-d'œuvre** qui réalise les travaux peut être fournie par la **famille,** ou par des **ouvriers agricoles** rémunérés.

Au sein d'une famille, le travail est souvent réparti entre les **hommes**, les **femmes**, les **jeunes filles** et les **jeunes garçons**.

Le travail du cultivateur est fondé sur ses **savoirs** et sur l'**intelligence** de ses pratiques. La **formation** et l'**expérimentation** sont donc des façons d'accroître l'efficacité du facteur de production travail.

suite →

55 ***(suite)***

Les intrants

Les intrants sont des facteurs de production qui proviennent de l'extérieur de la ferme. En général, ils sont achetés. Il s'agit par exemple d'**engrais chimiques**, de **pesticides**, de **semences sélectionnées** hors de l'exploitation.

Dans les fermes d'élevage, certains **aliments** ou **médicaments** sont achetés par l'exploitant. Il s'agit aussi d'intrants.

Il en est de même des **carburants** et des produits achetés pour faire fonctionner des machines agricoles.

Le bétail

Certaines fermes sont organisées exclusivement en vue de la **production animale**. Dans ce cas, les cultures servent uniquement à fournir les **fourrages** nécessaires au bétail de la ferme.

D'autres fermes sont organisées pour produire aussi bien des produits végétaux qu'animaux; on dit alors que ces fermes sont **mixtes**, car elles associent l'agriculture et l'élevage.

L'argent

L'**argent** ou les moyens financiers sont nécessaires pour acheter les facteurs de production qui ne peuvent être trouvés ou fabriqués à la ferme, par exemple: des engrais chimiques, des insecticides, des machines, des moyens de traction, du carburant pour les machines, etc.

L'**agriculture d'autosuffisance** réalisée par le fermier pour ses propres besoins familiaux nécessite **peu d'argent**. Par contre, certaines **agricultures intensives** dont le but est **uniquement de vendre** sont **très exigeantes en moyens financiers** parce qu'elles utilisent beaucoup de machines et d'intrants achetés.

Quelles ressources pouvons-nous mettre en œuvre pour l'activité agricole? Comment caractériser chacun des facteurs de production sous les angles quantitatifs et qualitatifs? Quelles sont les limites rencontrées au sein de l'exploitation? Quelles sont les limites liées au milieu extérieur?



Chapitre 5
L'agriculture: une activité complexe

Au cours des premiers chapitres, nous avons été à la rencontre de quelques champs. Nous les avons observés en **surface**, en **volume**, et dans le **temps**. Nous avons approché l'environnement dans lequel ils sont établis.

Nos observations n'ont reflété que quelques aspects de l'énorme diversité des situations champêtres rencontrées sur le continent africain. Mais elles nous ont permis de mettre le doigt sur **un ensemble d'éléments qui, chacun, ont une importance pour les agricultures paysannes**. Ces éléments interviennent de façon complémentaire ou contradictoire sur l'organisation des fermes et de l'agriculture. Nous avons constaté cela en lisant l'histoire des deux champs décrits au chapitre 2. Référons-nous quelque peu au tableau **42** qui comparait ces deux champs, avant de faire le rappel de **tous les éléments dont les influences s'entrecroisent** pour déterminer l'activité agricole dont on dit qu'elle est **SYSTÉMIQUE**.

Systèmes agricoles

De toutes nos observations, il ressort que l'agriculture, pour réussir, doit combiner au mieux une série d'éléments, appelés aussi **PARAMÈTRES**, dont les interactions sont complexes.

L'ensemble des éléments et de leurs interactions est appelé **SYSTÈME AGRICOLE**, ou **SYSTÈME D'EXPLOITATION.** Chaque famille a son propre système d'exploitation. Résumons sous la forme d'un tableau tous les types de paramètres que nous avons rencontrés au cours de nos visites. Le tableau **56** est un outil d'observation des exploitations agricoles. Il précise le tableau **83** du chapitre 8. A chaque point peut correspondre une ou plusieurs questions qui amènent à comprendre comment fonctionne l'agriculture, quelles sont ses forces et ses limites. Nombreux sont les points sur lesquels nous reviendrons avec plus de précision dans

56 *Éléments composant un système agricole*

❖ **Que veut faire l'agriculteur** (ses buts)?
- ✓ satisfaire les **besoins familiaux** (autosuffisance)
- ✓ disposer de **revenus** monétaires
- ✓ assurer la **sécurité** et l'**entente** familiale et sociale
- ✓ préserver les ressources de son terroir

❖ **De quelles ressources dispose l'agriculteur pour atteindre ses buts? Quels sont ses facteurs de production?**
- ✓ la **terre** et les différents sols existant dans son exploitation
- ✓ l'**eau**
- ✓ les **plantes** et leurs **semences**
- ✓ la **main-d'œuvre** disponible à différentes périodes
- ✓ les **outils**, manuels ou mécaniques
- ✓ l'**argent**
- ✓ les **animaux** d'élevage

Qu'est-ce que l'agriculteur **peut faire** avec chacun de ces facteurs de production? Quelles sont les combinaisons possibles entre ces facteurs?

❖ **Quelles sont les limites ou les contraintes?**
- ✓ parce que la **nature** ne le permet pas
- ✓ parce que le **régime foncier** ne le permet pas
- ✓ parce que l'**économie** ne le permet pas
- ✓ parce que certains **facteurs de production** ne sont pas disponibles
- ✓ parce que l'exploitant est trop **âgé**
- ✓ parce que la **société** résiste ou que la **culture** l'interdit
- ✓ parce que des **conflits** font rage

Qu'est-ce que l'agriculteur **ne peut pas faire**? Quels sont les **facteurs abondants** et les **facteurs limitants**?

♣ **Quel est l'environnement physique (abiotique) de la ferme**?
- ✓ le **climat**: pluie, vent, température, lumière
- ✓ les **réserves en eau** du sol
- ✓ les **mouvements de l'eau** dans le terroir
- ✓ l'**humidité de l'air** ou **du sol**
- ✓ la **composition des sols** et des sous-sols

❖ **Quel est le milieu vivant (biotique) de la ferme**?
- ✓ les **plantes**, les **haies**, les **arbres**
- ✓ les **animaux** sauvages ou domestiques
- ✓ les **êtres vivant dans le sol**
- ✓ les **hommes**, les **femmes** et leurs **familles**
- ✓ les **chaînes alimentaires**
- ✓ la **biodiversité** ou l'absence de biodiversité

❖ **Quels sont les cycles?**
- ✓ les cycles saisonniers des **pluies**
- ✓ les cycles de **vie des plantes**
- ✓ les **successions, rotations et associations** des cultures

❖ **Quel est le milieu économique?**
- ✓ l'économie **locale** et familiale
- ✓ l'économie **régionale** et **internationale**
- ✓ l'**infrastructure**
- ✓ la **transformation** des récoltes
- ✓ la **commercialisation**

❖ **Quel est le milieu social**?
- ✓ l'organisation **familiale**
- ✓ l'organisation des **classes d'âge**
- ✓ les relations entre **groupes sociaux**, hommes, femmes, jeunes, autochtones, allochtones
- ✓ l'**organisation professionnelle**, coopérative ou syndicale
- ✓ les **rapports sociaux** entre propriétaires et usagers de la terre

❖ **Quel est le contexte politique**?
- ✓ **conflits** entre groupes ethniques ou religieux
- ✓ **guerre** dans le contexte local ou régional
- ✓ contexte de **paix**

L'activité économique et sociale des fermes est conditionnée par tous les éléments cités. Elle est toujours difficile dans les contextes d'insécurité.

la suite du livre. Les réponses aux questions du tableau ne peuvent être données que dans des exploitations concrètes. Il n'y a pas de réponses générales.

A force de se poser les questions relevées au tableau **56**, il est possible de se faire une idée sur les forces et les faiblesses d'un système agricole et de déterminer les paramètres les plus limitants.

Nous pouvons aussi tenter de comprendre les **relations qui existent entre les différents paramètres relevés ci-dessus**.

Prenons quelques exemples. Faut-il de l'argent pour acheter les semences des plantes cultivées? Comment faire s'il n'y en a pas? Le régime foncier permet-il aux hommes, aux femmes, de planter des arbres agroforestiers? La main-d'œuvre familiale suffit-elle pour récolter les produits d'une plantation? Les pratiques de culture pure permettent-elles de préserver les qualités du sol? Le développement des parasites est-il contrôlable dans un champ multiétagé? Est-il possible de valoriser l'eau du terroir dans le contexte de l'organisation sociale existante?

Les systèmes agricoles sont ancrés dans la vie économique, sociale et culturelle

La multitude des paramètres qui entrent en jeu dans l'agriculture engendre la crainte des observateurs extérieurs, soucieux de décrire scientifiquement les systèmes agricoles. S'ils veulent les observer de façon isolée, cette crainte est justifiée. Par contre, les agriculteurs et les agricultrices qui agissent dans leur exploitation au jour le jour sont obligés de tenir compte de tous les paramètres agissant dans leur système agricole, même s'ils ne peuvent en faire le relevé détaillé comme nous l'avons fait dans le tableau **56**.

L'analyse des systèmes agricoles ne peut être qu'un travail commun qui associe tous ceux qui, d'une façon ou d'une autre, y prennent part (**57** à **60**).

Créer des espaces d'échanges communautaires sur les questions techniques, économiques, écologiques et sociales intéressant l'agriculture, l'élevage et l'environnement, au sein des collectivités rurales.

Quels sont les éléments les plus caractéristiques de notre système agricole? Comment ces éléments sont-ils liés l'un à l'autre? Comment procéder en commun pour analyser le système agricole?


57


58


59


60



Partie 2
Le milieu de vie rural

Le milieu de vie de l'homme est constitué par tout ce qui l'environne: les objets, les plantes, le climat, la maison, les animaux, les autres hommes. Le milieu de vie est quelque chose de changeant: les saisons se succèdent, le climat évolue, la végétation change, les produits de consommation évoluent, les hommes naissent et meurent.

Certaines espèces de plantes apprécient les lieux secs et ensoleillés. D'autres ne peuvent vivre qu'à l'ombre ou dans des marais. Dans les régions tropicales poussent des espèces qu'on ne peut pas trouver dans des zones froides. Il y a des plantes qui s'adaptent dans de nombreuses régions du monde, d'autres ne poussent que dans des zones très limitées. Le palmier à huile, par exemple, ne pousse pas dans le désert. Il ne vit pas non plus dans des zones d'altitude où il fait trop frais. Le dattier, lui, vit essentiellement dans les zones sèches ou désertiques, ou dans les oasis.

Des variétés de pommes de terre vivent partout sur la planète, même si l'origine de cette espèce se trouve en Amérique du Sud. Mais n'essayez pas de faire pousser des cacaoyers ou des caféiers en Europe, dans des zones où les températures descendent parfois en dessous de 10° centigrades.

C'est dire que chaque espèce de plante se développe dans un **milieu de vie** particulier - un **ENVIRONNEMENT** - dont les éléments les plus caractéristiques sont le sol et le climat.

Au niveau d'un village ou d'une petite zone, on rencontre des milieux de vie différents dans lesquels les espèces se développent plus ou moins bien.

Lorsqu'on veut caractériser l'ensemble des éléments qui interfèrent sur un milieu, on parle d'**ÉCOLOGIE**. Les écologistes sont les gens qui développent les connaissances et les sciences relatives aux différents milieux, qu'ils soient très étendus géographiquement, ou au contraire limités à de très petites zones ou "niches".

De nombreuses activités agricoles familiales sont réalisées dans des **MICRO-MILIEUX**. Ce sont des espaces réduits, formés naturellement ou par l'homme. Ils se situent bien entendu dans des environnements géographiques et climatiques plus vastes, à l'échelle de la zone ou de la région où on les rencontre.

A titre d'exemple, les tableaux **64** à **68** présentent sous forme d'images quelques milieux caractéristiques. Tous sont marqués par la présence de l'homme et des animaux, par le vent, la pluie ou le soleil.

Les trois chapitres qui suivent vont aborder successivement **dans l'optique de l'agriculture**:

- le milieu **vivant,** ou **biotique**
- le milieu **non vivant**, ou **abiotique**
- le milieu **économique** et **social**



Forêt naturelle de la R.D. Congo, peu marquée par la présence de l'homme.



Savane arborée, régulièrement soumise au feu et au pâturage, en Côte d'Ivoire (saison pluvieuse).

64 Quelques milieux aquatiques marqués par la présence permanente ou semi-permanente de l'eau


réserve ornithologique


rizière inondée

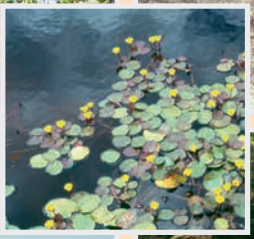

zone périodiquement inondée et cultivée en décrue


mare de montagne

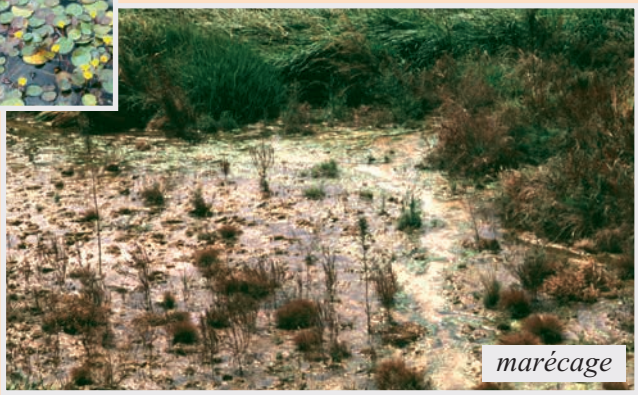



mangrove


bouli




zone inondable au moment des marées

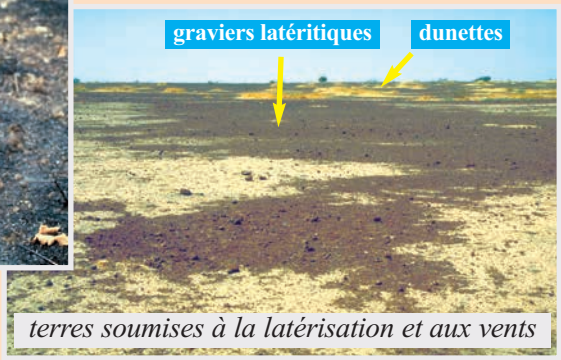

marécage

65 Milieux secs en cours de dégradation par le feu, la déforestation, le surpâturage et les érosions, hydrique ou éolienne


zone prédésertique


savane arbustive régulièrement brûlée


terre brûlée



terres soumises à la latérisation et aux vents



flancs rocailleux


zone surpâturée


dunes constituées par l'érosion éolienne


terre décapée par l'érosion hydrique

66 Micro-milieux agricoles (jardins maraîchers)



jardin de case pluvial, à gauche, et jardin arrosé, à droite

67 Milieux agricoles de montagnes



bassin versant cultivé en Afrique centrale



oasis montagnarde au Cap Vert

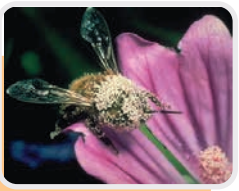
68 Milieux agricoles aménagés contre l'érosion hydrique



plaine agricole protégée contre l'érosion hydrique



milieu agricole montagnard partiellement aménagé contre l'érosion des terres



Chapitre 6
Le milieu vivant

Le milieu vivant d'une plante est tout ce qui vit autour de cette plante et sur elle. On l'appelle **MILIEU BIOTIQUE**.

Observons le champ de la photo **69** rencontré dans le centre de la Côte d'Ivoire. Plusieurs espèces de plantes y cohabitent: igname, manioc, gombo, caféiers, palmiers, et de grands arbres rescapés de la forêt récemment défrichée.



Agriculture sur défriche en Côte d'Ivoire

Tout autour des plantes cultivées ou spontanées vit une multitude d'**insectes,** d'**oiseaux**, de **rongeurs**, de **mammifères,** de **plantes parasites.** Le sol et les troncs d'arbres abattus sont couverts de **moisissures**, de **champignons**. Des **vers** de terre parcourent le sol. Des mouches et leurs asticots pullulent de tous côtés. D'autres organismes, visibles ou invisibles à l'œil nu, pénètrent les feuilles, les fleurs, les troncs et vivent en abondance à la surface des racines. Ce sont les **bactéries**, les **levures**, les **virus**. L'**homme** lui-même vient couper, tailler, cueillir. Tout cela constitue le milieu vivant de chacune des espèces végétales ou animales présentes dans le champ.

Parmi tous ces êtres vivants, quelques espèces attaquent les plantes et y font des ravages. Mais la plupart ne sont pas dangereuses pour les cultures. Certaines sont d'ailleurs utiles ou indispensables à la vie des végétaux.

La vie de chaque être dépend de la présence des autres. La matière vivante ou les déchets des uns servent de nourriture aux autres. On parle de **CHAÎNE ALIMENTAIRE** pour caractériser la dépendance étroite qui existe entre tous les êtres vivants. Le tableau **71** nous montre ce qu'est une chaîne alimentaire.

Certaines chaînes alimentaires sont complexes et comprennent un très grand nombre d'espèces vivantes, des plus grandes aux plus microscopiques. Ce sont par exemple celles qu'on observe dans les forêts, les mangroves, les lacs naturels, dont nous avons vu des photos plus haut. Elles se caractérisent par la biodiversité.

D'autres chaînes alimentaires ne comprennent qu'un petit nombre d'espèces, comme celles qu'on trouve dans les sols salins, les dunes ou les déserts. Elles sont très sensibles aux perturbations. Lorsqu'une espèce disparaît, d'autres disparaissent avec elle, faute de trouver assez à manger, ou de trouver la nourriture à laquelle elles sont habituées.

La destruction des maillons de la chaîne alimentaire dans un lieu ou une zone provoque la dégradation du milieu biotique et la destruction de l'environnement. Or, l'homme quitte les terres qui ne portent plus de cultures. Le bétail quitte les régions où il n'y a plus d'herbe. Ce qui tue l'herbe provoque donc la disparition des troupeaux et la migration des hommes.

Malheureusement, l'homme est loin d'avoir conscience du rôle des chaînes alimentaires pour sa propre existence. Conscients ou inconscients, ses comportements sont souvent très destructeurs et mettent à mal de façon irrémédiable le milieu dans lequel il doit vivre: feux et coupes de bois intempestifs dans les forêts et les brousses, chasse incontrôlée, surpâturage, utilisation de produits toxiques.

70 ***Chaîne alimentaire dans le tube digestif***

Ce sont aussi des chaînes alimentaires, composées de très nombreuses bactéries, de levures, de vers, qui permettent à l'homme et aux animaux de transformer la nourriture qu'ils ingurgitent dans leur tube digestif. La perturbation de ces chaînes provoque des malaises et des maladies.



l'**homme** se nourrit de la viande et du lait de ses **moutons**

la **brebis** broute les feuilles d'un arbuste

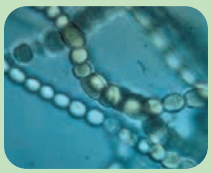


les excréments des moutons sont consommés par des **coléoptères**



les racines de l'arbuste puisent les **sels minéraux** dans le sol

certaines espèces de **micro-organismes** du sol transforment l'**humus** en sels minéraux nutritifs



le **pollen** et les **sucs** des fleurs sont mangés par des **abeilles**



les **champignons** se nourrissent des pailles décomposées



les **vers de terre** consomment des spores de **champignons**



les **termites** décomposent les pailles de mil



le **mil** et le **chou** sont semés par le **cultivateur;** ils se nourrissent des minéraux

le mil est mangé par la **pintade**

le mil est mangé par l'**enfant**

le cultivateur mange le **chou**



la **chenille** ronge le chou



le chou se nourrit des **sels minéraux** dans le sol

Il existe de nombreuses autres dépendances suggérées par les flèches en pointillé

71 *La chaîne alimentaire: un réseau serré de relations de dépendances entre les êtres vivants et non vivants*

les coléoptères sont avalés par une **poule**



des **puces** sucent le sang du chat

les œufs de la poule sont mangés par un **enfant**



l'oiseau est attrapé et mangé par un **chat**

le miel des abeilles est mangé par l'**enfant**

l'enfant est rongé par la **bactérie** de la rougeole

les mouches sont mangées par un **oiseau**



les excréments de l'enfant sont consommés par des **mouches**

la femme cultive le **mil**

les **fleurs pollinisées** par l'abeille donnent un **fruit**



le **mouton** mange le fruit

lorsque le rapace meurt, sa chair est mangée par l'**hyène**

la **femme** mange l'œuf et la chair de la pintade et la boule de mil

le **bébé** boit le lait de sa mère



les excréments de l'hyène sont consommés par les **organismes du sol**



un **lézard** mange les chenilles

le **rapace** mange le lézard

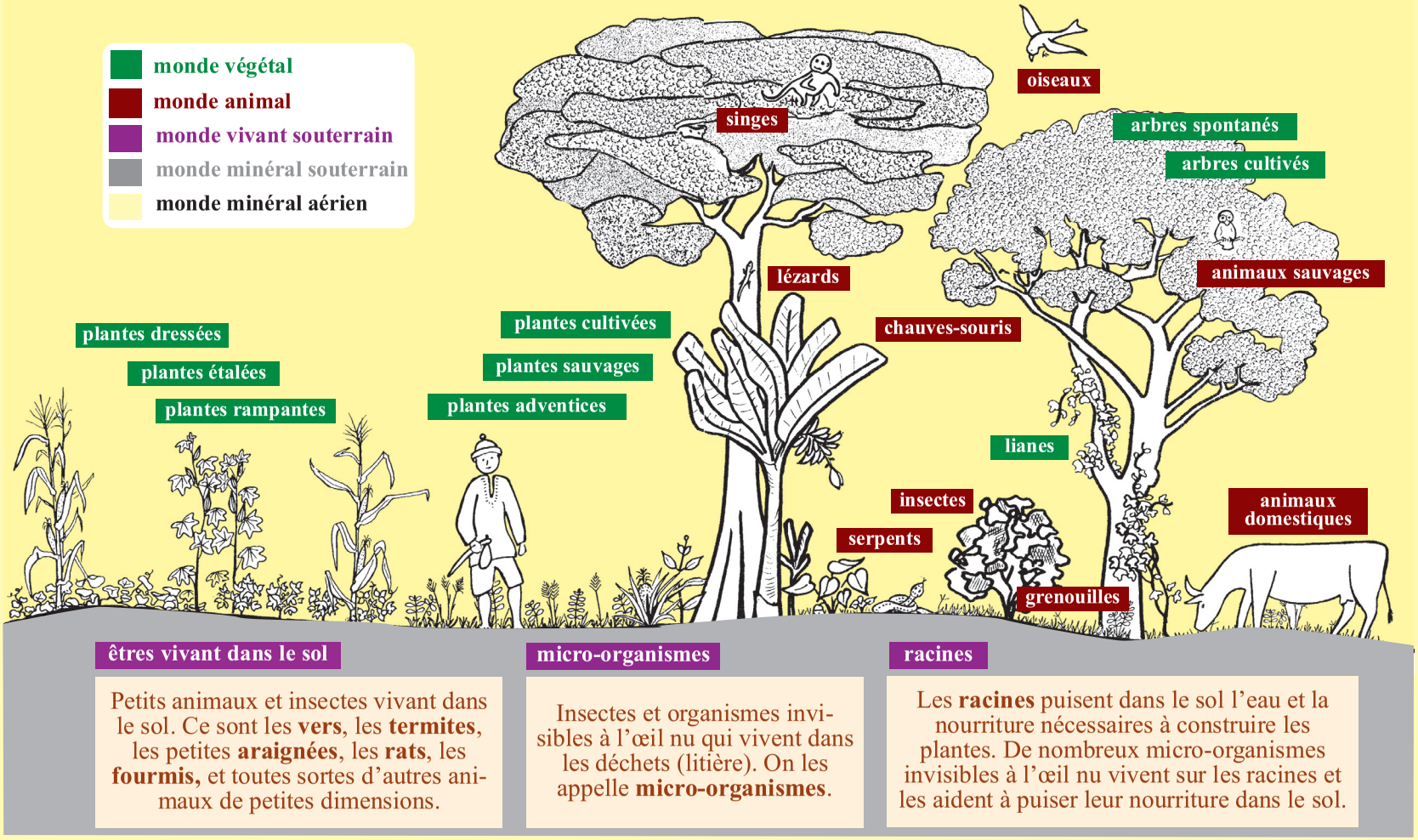


Pour mieux connaître notre environnement: partons à la découverte des chaînes alimentaires qui nous entourent.

- Que peut faire un lézard qui ne trouverait pas d'insectes pour se nourrir?
- Que peut faire l'épervier qui ne trouverait pas de lézards, de souris, de petits oiseaux?
- Comment vivraient les insectes qui ne trouveraient pas de plantes ou d'animaux à piquer ou à sucer?
- Comment l'homme peut-il vivre sans les plantes et les animaux?
- La nourriture des uns dépend de la nourriture des autres, dans le contexte des chaînes alimentaires.

72 Le milieu biotique de l'agriculture

Tous les éléments du milieu vivant sont dépendants les uns des autres. Ils dépendent aussi des éléments du milieu non vivant.



êtres vivant dans le sol

Petits animaux et insectes vivant dans le sol. Ce sont les **vers**, les **termites**, les petites **araignées**, les **rats**, les **fourmis,** et toutes sortes d'autres animaux de petites dimensions.

micro-organismes

Insectes et organismes invisibles à l'œil nu qui vivent dans les déchets (litière). On les appelle **micro-organismes**.

racines

Les **racines** puisent dans le sol l'eau et la nourriture nécessaires à construire les plantes. De nombreux micro-organismes invisibles à l'œil nu vivent sur les racines et les aident à puiser leur nourriture dans le sol.

La richesse du milieu et des chaînes alimentaires qui s'y développent intéresse directement l'agriculture, même si cela n'est pas toujours facile à comprendre. Telle personne écrase un ver de terre qu'elle voit passer, en croyant qu'il provoque des maladies. Pourtant, le ver de terre n'attaque ni l'homme, ni les animaux, mais il est au cœur de la fabrication de l'humus fertile du sol. Un enfant tue un oiseau, un lézard, un caméléon, pour s'exercer à la catapulte. Il ne sait pas que ces animaux consomment chaque jour des centaines d'insectes nuisibles aux plantes cultivées. Un chauffeur accélère sur la route pour écraser un serpent inoffensif. Il oublie que cet animal consomme les souris et les petits rongeurs qui font tant de dégâts dans les champs, les maisons et les magasins.

Bien sûr, il y a les dégâts occasionnés par les ravageurs des cultures. Il faut les combattre. Mais ce n'est pas en "tirant sur tout ce qui bouge" qu'on peut pratiquer une agriculture saine et durable. Pour bien se développer, les plantes cultivées ont besoin de milieux sains et équilibrés.

Quels sont les éléments vivants les plus caractéristiques de notre milieu? Quelles chaînes alimentaires pouvons-nous observer? Quels sont les éléments les plus importants de ces chaînes? Quelles sont les dégradations que nous constatons dans les chaînes alimentaires qui nous entourent? Quels effets ces dégradations peuvent-elles provoquer pour le milieu naturel et pour l'agriculture?



Chapitre 7
Le milieu non vivant

Les plantes partagent leur existence entre le ciel et la terre. Elles sont formées de **parties aériennes** et de **parties souterraines**. Les troncs, tiges, feuilles et fruits sont les parties aériennes. Elles respirent l'air, elles transpirent de l'eau et elles captent la lumière du soleil. Les racines sont les parties souterraines de la plante. Elles la nourrissent.

On appelle milieu **ABIOTIQUE,** ou **PHYSIQUE**, tout ce qui constitue l'environnement non vivant des végétaux et des animaux (**73**).

On parle de **CLIMAT** pour caractériser le jeu et les interrelations de tous les éléments physiques qu'on trouve dans l'espace aérien: la pluie, les vents, les températures, la lumière, la chaleur émise par la terre. Lorsqu'il s'agit de très petits espaces, on parle de **MICRO-CLIMATS**.

Les plantes sont à l'origine de la matière vivante, contrairement aux animaux qui ont besoin de matières végétales pour se nourrir. Elles **utilisent**:

- les **substances minérales contenues dans le sol et dans l'air**,
- et **l'énergie lumineuse**.

Essayons de voir comment elles procèdent, en passant en revue les différents besoins des plantes.

Les besoins des plantes

Les plantes ont des besoins liés au sol, à la lumière, à l'air, à l'eau et à la chaleur. Relevons-les ici, nous les analyserons en détail plus tard.

Les plantes ont besoin de sol

Le **SOL** est un milieu complexe:

- il est un **support** pour les plantes et pour la vie microbienne,
- il est constitué de matériaux inertes dont une partie sert d'**aliments** aux plantes,
- il contient l'**eau** chargée d'éléments nutritifs que puisent les plantes pour s'alimenter.

La fertilité du sol, du point de vue agricole, dépend de sa composition chimique, et de tout ce qui y vit.

Le sol n'est pas le seul support de la végétation. Beaucoup d'espèces poussent en milieu aquatique. Certaines vivent sur d'autres plantes.

Notes

Les plantes ont besoin de la lumière du soleil

La **lumière** est plus ou moins intense. Les rayons du soleil atteignent directement les plantes ou sont filtrés par les nuages ou par le feuillage de plantes plus élevées. La durée de l'ensoleillement a beaucoup d'importance dans la vie des plantes: elle peut être plus ou moins longue. On parle de la **PHOTOPÉRIODICITÉ** pour caractériser les périodes et la durée d'éclairement lumineux. La plupart des plantes tropicales se suffisent de périodes journalières d'éclairage de 10 à 12 heures. Mais les espèces originaires de régions situées au nord ou au sud des tropiques ont souvent besoin de périodes lumineuses plus longues.

Ce sont les feuilles qui captent la lumière grâce à la **CHLOROPHYLLE**. C'est la substance qui colore les feuilles en vert (chapitre 23). Elle est nécessaire pour que l'**ÉNERGIE LUMINEUSE** se transforme en **ÉNERGIE VÉGÉTALE** qui, finalement, est consommée par l'homme et l'animal sous forme de féculents, d'huile, de protéines, etc.

Les plantes ont besoin d'air

Les plantes respirent l'**air**. La respiration des plantes se fait à partir d'un grand nombre de petites ouvertures dans les feuilles, l'écorce et les racines. Ces ouvertures, qu'on appelle les **STOMATES**, s'ouvrent et se ferment selon qu'il fait jour ou nuit et selon qu'il fait plus ou moins chaud ou sec.

L'air peut être plus ou moins chaud et humide. On parle de sa **TEMPÉRATURE** et de son **HUMIDITÉ**. La température est la mesure de la chaleur. On l'exprime en degrés **CENTIGRADES** (ou degrés **CELSIUS**), ou en degrés Farenheit chez certains anglophones. L'humidité de l'air est la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air. On la mesure aussi en degrés ou en pour cent. Les instruments de mesure sont le **THERMOMÈTRE** et l'**HUMIDIMÈTRE,** aussi appelé **HYGROMÈTRE**.

L'air est plus ou moins agité. Quand il se déplace, c'est le **vent**. Celui-ci joue un rôle important dans certaines régions, comme par exemple le vent d'**HARMATTAN** qui dessèche les campagnes ouest-africaines au cours de certains mois, ou la **MOUSSON** qui amène les pluies.

Les plantes ont besoin d'eau

La vie n'est pas possible sans **eau**. Chaque espèce de plante a ses besoins propres. L'eau doit être présente en quantité suffisante aux bons moments, c'est-à-dire aux moments où la plante en a réellement besoin (nous verrons cela au chapitre 30). La **quantité** et la **régularité** des pluies est, dans de très nombreuses régions, le principal souci des agriculteurs.

Dans les terres irriguées, la gestion de l'eau en fonction des besoins des plantes est aussi une préoccupation importante.

Les plantes **puisent** de l'eau dans le milieu, mais aussi, elles en **transpirent**, à travers les stomates de leurs feuilles. Plus il fait chaud, plus elles transpirent. La quantité d'eau que transpirent les plantes est énorme, dans certaines parties du globe terrestre. L'eau rejetée dans l'air par les plantes est en partie à l'origine de la formation des nuages.

Parfois, il fait tellement chaud que les feuilles se flétrissent. Cela se passe lorsque la quantité d'eau qu'elles transpirent dans l'air est plus grande que la quantité qu'elles arrivent à puiser dans le sol par leurs racines.

Les plantes ont besoin de chaleur

La **température** est un élément important du climat. La température mesure la **chaleur** de l'air et du sol. Certaines espèces de plantes apprécient les fortes chaleurs, d'autres préfèrent la fraîcheur. Plus l'air est chaud, plus il peut absorber de la vapeur d'eau.

Mais attention! Il y a des plantes qui ne supportent pas des températures élevées, d'autres qui ne supportent pas le froid, ou au contraire qui ont besoin de froid intense à un moment de leur existence pour se développer ensuite à des températures plus élevées.

Des interactions très complexes

Nous venons de caractériser les besoins des plantes d'une façon très générale. Mais en fait, les facteurs abiotiques influençant les plantes sont beaucoup plus subtils. C'est ce que nous indique le tableau **74.** Les éléments de ce tableau seront expliqués dans la suite des chapitres.

Relevons ici que tous les éléments vivants et non vivants qui inter-réagissent forment ce qu'on appelle un **ÉCOSYSTÈME** ou **SYSTÈME ÉCOLOGIQUE**. Dans la nature, des équilibres se constituent entre les éléments. Lorsque l'un ou quelques-uns d'entre eux sont perturbés par un événement naturel ou par une intervention intempestive de l'homme, l'ensemble du système est compromis.

73 Le milieu abiotique de l'agriculture

L'**air** est ce que les plantes et les hommes respirent. Il contient le carbone qui est l'un des principaux constituants du sol. Si le sol et les plantes évaporent et transpirent peu, l'air est sec. Il ne se forme pas de nuage.

Le **vent** est l'air qui bouge. Il réchauffe ou refroidit le milieu de vie. Il fait transpirer les plantes. Il fait évaporer l'eau du sol. Il provoque la sécheresse ou amène l'humidité.

La **lumière** du soleil est nécessaire à la vie des plantes. Les rayons du soleil réchauffent la terre. Le soleil apporte l'**énergie** au milieu vivant. Ses rayons sont utilisés par la chlorophylle pour fabriquer l'énergie végétale.

Les **nuages** recueillent la vapeur d'eau évaporée par les plantes et par le sol

La **pluie** tombe lorsque les nuages sont trop chargés de gouttelettes d'eau et que l'air qui les entoure se refroidit.

Les végétaux cèdent à l'air une partie de l'eau qu'ils contiennent. C'est la **transpiration**.

Certaines plantes aiment la pleine lumière et la chaleur. On les appelle **plantes de lumière** (héliophiles).

L'eau du sol est transformée en vapeur d'eau: elle s'évapore dans l'air. C'est l'**évaporation**.

Certaines plantes aiment l'ombre et la fraîcheur. On les appelle **plantes d'ombre** (ombrophiles ou sciaphiles)

La PLUIE

L'air contient de l'eau qui provient du sol ou de la végétation à cause de l'évapo-transpiration.

L'air chaud peut contenir beaucoup de vapeur d'eau. S'il est froid, il en contient moins.

Lorsque l'air chaud contenant de la vapeur monte dans la hauteur du ciel, il se refroidit. Des gouttelettes d'eau liquide se forment et se rassemblent dans les nuages. Lorsque les gouttelettes grossissent dans l'air froid, elles tombent sous forme de pluie (parfois sous forme de grelons ou de neige dans les zones froides).

Deux choses sont liées dans un milieu ou sur un champ: l'évaporation et la transpiration. Toutes deux font que la vapeur d'eau est diluée dans l'air. On appelle **évapo-transpiration** la combinaison des deux phénomènes.

Tous les éléments du **climat** qui forment le milieu non vivant sont dépendants les uns des autres.

74 Facteurs abiotiques agissant sur les plantes

Facteurs liés à la lumière
- ➪ quantité de lumière
- ➪ intensité de la lumière directe ou diffuse
- ➪ photopériodicité (durée relative des périodes de lumière ou d'obscurité)

Facteurs liés à la chaleur
- ➪ températures moyennes de l'air et du sol
- ➪ températures extrêmes de l'air et du sol, durant le jour (diurnes) et durant la nuit (nocturnes)
- ➪ température des organes végétaux (feuilles et tiges)
- ➪ gel nocturne, givre

Facteurs liés à l'humidité
- ➪ pluies totales (pluviométrie)
- ➪ pluies journalières (pluviosité)
- ➪ répartition des pluies dans le temps
- ➪ humidité de l'air, pouvoir évaporatif de l'air
- ➪ brumes, brouillards
- ➪ grêle
- ➪ humidité du sol

Facteurs liés au sol
- ➪ texture et structure
- ➪ porosité
- ➪ richesse en minéraux, matières organiques, humus,…
- ➪ capacité d'échange ionique

Facteurs liés aux mouvements de l'air
- ➪ mouvements des masses d'air
- ➪ pression atmosphérique
- ➪ vitesse du vent
- ➪ tornades, cyclones, ouragans

Facteurs liés à la composition de l'air
- ➪ gaz carbonique, oxygène et azote de l'air
- ➪ composition de l'air du sol

Facteurs liés à la topographie
- ➪ exposition
- ➪ rayonnement atmosphérique
- ➪ rayonnement terrestre (albédo)

Tous ces facteurs interagissent à tous moments, déterminant pour les plantes les conditions de vie journalières, périodiques et saisonnières.

Quels sont les facteurs abiotiques, positifs et négatifs, les plus déterminants dans notre milieu? Quels rôles ces facteurs jouent-ils sur l'agriculture familiale? Sur quels facteurs l'homme peut-il agir?



Chapitre 8
Le milieu économique et social

Tout ce qui touche à la production, à la consommation des produits et à leur commercialisation fait partie de l'**ÉCONOMIE,** ou de la **VIE ÉCONOMIQUE**. Produire des céréales ou des graines, presser des graines pour obtenir de l'huile, transporter des marchandises, payer de la main-d'œuvre, vendre sur le marché, préparer la nourriture, élever du bétail ou de la volaille, produire des vêtements dans une usine,... sont des actes économiques.

On parle de **VIE SOCIALE** pour caractériser l'organisation des communautés et les relations entre des habitants. Par exemple, l'organisation des familles, les relations entre les jeunes et les vieux d'un village, les alliances entre des familles lors des mariages, les fêtes, les deuils, les relations entre hommes et femmes, l'organisation des familles et des lignages,...

La **CULTURE**, ou la **VIE CULTURELLE**, est l'ensemble des valeurs qui fondent une civilisation: la langue, les connaissances, la musique, les mythes, la religion, l'art, les techniques. La culture est très présente dans les communautés agraires traditionnelles, qu'il s'agisse des autels, des cérémonies liées aux religions de terroirs, des fêtes célébrant les récoltes, des cérémonies ouvrant les campagnes agricoles. Ces aspects comportent des facettes positives ou négatives par rapport au développement des activités agricoles. Dans certains cas, il s'agit de réguler la vie sur les terroirs, dans d'autres, il s'agit d'interdire certains gestes ou comportements. Les raisons justifiant de telles règles de comportements peuvent être objectives ou subjectives, selon les cas.

L'économie, la vie sociale et la culture d'une communauté forment un **ensemble indissociable**.

Lorsqu'il y a un mariage, les familles s'accordent sur l'utilisation de la terre et sur l'endroit où le couple va habiter.

Les **invitations de culture ou de travail**, traditionnelles dans de nombreuses communautés ouest-africaines, sont l'expression des relations étroites existant entre familles vivant dans le même milieu: des cultivateurs s'associent pour travailler la terre de l'un d'entre eux. L'invitant ne paie pas le travail, il offre simplement un repas et des boissons. Plus tard, l'invitant participera lui aussi aux travaux des champs de ses invités.

Aspects de l'économie familiale

Les activités économiques au sein d'une exploitation agricole et dans les terroirs sont nombreuses et liées entre elles. Elles sont schématisées dans les pages qui suivent (tableau **75**).

- ⇨ La **production agricole** en quantité et en qualité. Elle est végétale ou animale.
- ⇨ Les **facteurs de production**: ils sont mis en œuvre pour produire.
- ⇨ La disponibilité en **main-d'œuvre, familiale** ou non.
- ⇨ La **quête de l'eau** pour les besoins ménagers.
- ⇨ Les **transformations ménagères**.
- ⇨ Le **mode de production.** C'est la façon dont les différents facteurs de production sont organisés en vue de produire.
- ⇨ La **consommation**. Les produits consommés par la famille peuvent être issus de la ferme (c'est l'autoconsommation) ou être achetés hors de la ferme.
- ⇨ Le **stockage**, en particulier celui des céréales, des graines, des tubercules. Il peut être fait pour une courte ou pour une longue période.
- ⇨ la production ou l'achat des **semences**
- ⇨ Lorsque la production agricole est destinée à la vente et à l'acquisition de revenus monétaires, elle doit être commercialisée. La **commercialisation** peut se faire soit par des commerçants, soit par les fermiers eux-mêmes, soit par des coopératives. La participation des femmes et des hommes aux marchés locaux est une activité sociale et économique importante.
- ⇨ L'**approvisionnement** de la ferme dépend également du commerce. Il s'agit d'obtenir les marchandises **destinées au ménage** (le pétrole, le sel, le savon, les vêtements, les récipients, les radios,...) et celles **destinées à la production**, c'est-à-dire les facteurs de production que l'on ne peut trouver à la ferme (charrues, charettes, engrais, insecticides, sécateurs, tracteurs,...).
- ⇨ La **production de semences** à la ferme ou leur achat à l'extérieur.
- ⇨ La **transformation de produits**. Par exemple, la transformation des grains en farines, la pression de l'huile, la préparation des cossettes de manioc, la préparation de la bière, le sèchage de la tomate ou d'autres légumes,...
- ⇨ L'**artisanat**, tel que la forge, le filage, le tissage, la poterie, la vannerie, la savonnerie, le tannage, la boulangerie, les réparateurs, etc.
- ⇨ Les **transports**. Ils doivent se faire des champs à la ferme, de la ferme au marché local, du marché local vers les marchés plus éloignés ou vers d'autres pays. Ils doivent se faire aussi dans l'autre sens, vers la ferme et les champs.

Dépendance des économies villageoises

Toutes ces activités que nous venons de rencontrer forment ensemble L'**ÉCONOMIE VILLAGEOISE**. Elle s'intègre dans un contexte plus général.

L'activité économique locale est **dépendante** de l'activité économique des autres régions du pays et du monde. Par exemple, les prix d'achat au village des produits tels que le coton, le café, le cacao, le pyrèthre, le thé, l'huile de palme,... sont généralement fixés dans des pays lointains (Etats-Unis, Allemagne, Royaume-Uni, France, Japon, Chine,...). Aujourd'hui, plus que par le passé, on parle de la **MONDIALISATION** de l'économie. Les échanges et le commerce se font en tous sens, dans le monde entier. Les économies paysannes sont soumises à des règles commerciales qu'elles ne peuvent pas maîtriser.

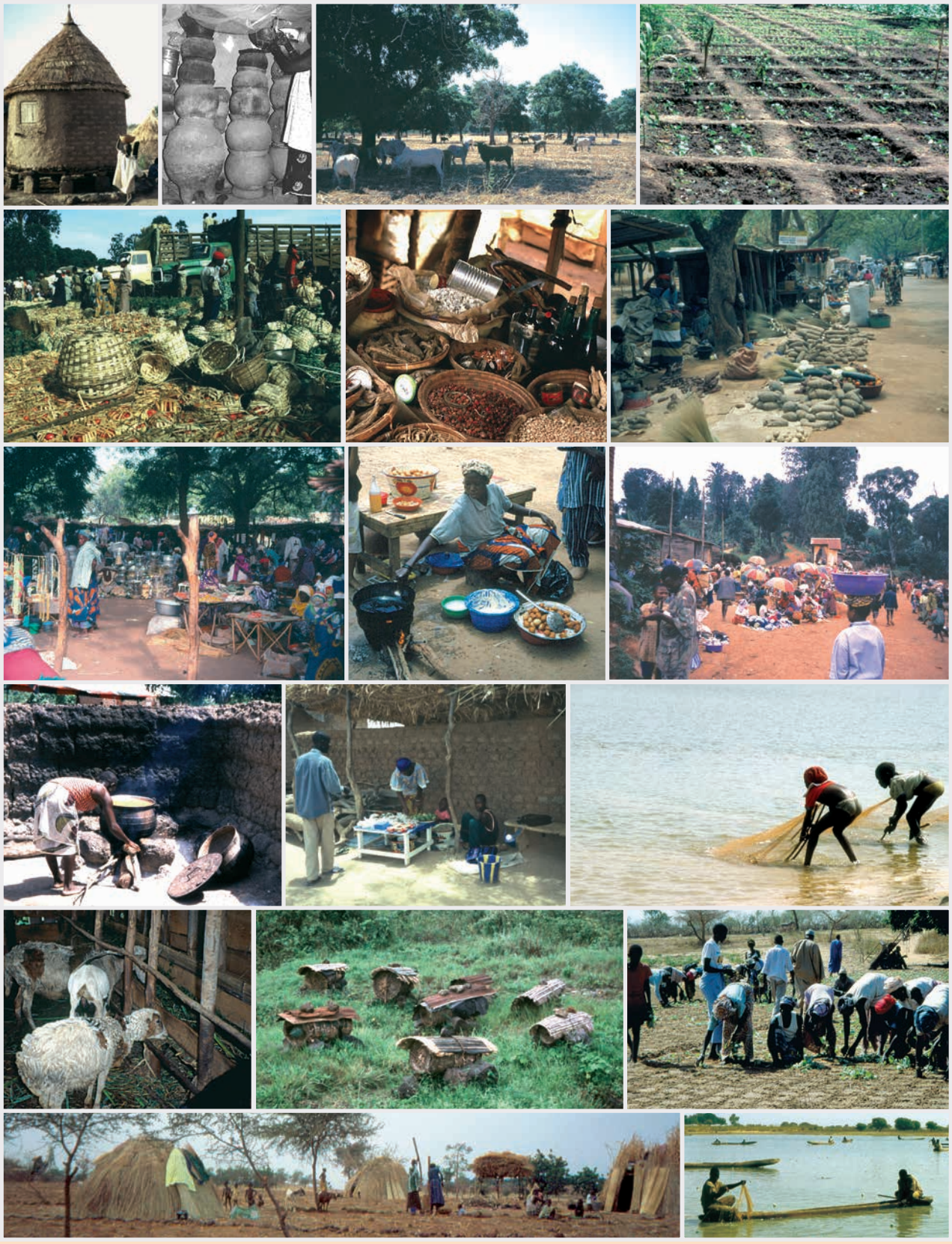
Dans le contexte de la **mondialisation**, les familles rurales rencontrent des difficultés dues au fait de la **concurrence** entre les économies développées industriellement et celles qui le sont moins. Ce qui était naturellement produit au village ou dans son voisinage, par le passé, est remplacé par des marchandises importées qui arrivent sur les marchés locaux à des prix souvent beaucoup moins élevés que ceux que peuvent pratiquer les familles locales. Celles-ci peuvent donc **choisir**:

- ✎ d'**acheter moins cher des produits étrangers**. L'argent dépensé quitte alors la région et le pays;
- ✎ d'**acheter un peu plus cher des produits locaux**, afin que l'argent circule entre les familles de la zone et du pays;
- ✎ d'acheter des facteurs de production à l'étranger et donc d'**envoyer l'argent disponible hors du pays**;

75 *Diversité des activités économiques familiales*



75 *(suite)*



75 ***(suite)***



✎ de produire au mieux sur place, quand cela est possible, les facteurs de production nécessaires, et de favoriser leur fabrication par les familles du pays ou de la région, afin **que l'argent serve à des travailleurs locaux.**

L'activité des travailleurs et des travailleuses d'une ferme dépend de ce qui se passe localement sur le terroir et de ce qui se passe au loin. Les exploitants familiaux vivant en autosuffisance sont moins dépendants du monde extérieur, pour ce qui est de l'alimentation, que ceux d'une ferme orientée exclusivement vers les productions destinées à être vendues. Mais ils rencontrent des difficultés pour les dépenses monétaires obligées: pétrole, scolarité, impôt, marchandises ne pouvant être produites directement à la ferme.

Dans les villages retirés, il est intéressant de trouver un équilibre constant entre l'autosuffisance et l'ouverture vers les marchés. Dans les villages moins retirés où s'impose l'agriculture commerciale, il est intéressant de limiter les dépendances trop fortes en valorisant dans le milieu ce qui peut l'être.

L'entente et les conflits

La qualité de la vie des familles, vivant dans un terroir ou le parcourant, dépend des règles que se fixe la communauté. Pour cela, l'activité **POLITIQUE** est essentielle. C'est elle qui devrait permettre aux habitants de s'entendre.

Les activités politiques en milieu rural sont régies soit par les **COUTUMES**, soit par les **LÉGISLATIONS ÉTATIQUES**. Les premières sont nées dans les contextes traditionnels séculaires. Les autres ont été édictées par les Etats coloniaux ou les Etats indépendants qui leur ont succédé. Les coutumes et les règles étatiques ne concordent pas toujours. Elles ont été établies dans des contextes politiques différents et parfois contradictoires. Cela ne facilite pas toujours la vie des familles.

Entente

Pour que la vie se passe bien dans le monde rural, il faut qu'existe l'**ENTENTE** entre les membres d'une même communauté ou entre des communautés différentes vivant sur le même terroir. Il n'est pas rare que les activités nombreuses qui se déroulent sur les terroirs villageois entrent en concurrence et provoquent des mésententes ou des conflits ouverts.

Les **valeurs d'entente font partie des contextes culturels** traditionnels, ainsi que les mécanismes permettant de créer les nécessaires équilibres entre les familles et les groupes ethniques cohabitants. Mais elles ont souvent été mises à mal par des interventions extérieures et par une pression accrue sur le milieu naturel: accroissement démographique, augmentation des besoins, présence des grandes villes, etc.

Les valeurs d'entente se manifestent à travers des **mécanismes de concertation** ou de négociation:

▲ **coutumes foncières** réglées dans le cadre de la **chefferie,** et **reconnaissance de l'autorité terrienne**,

▲ **échanges interlignagers**, dans le cadre de mariages,

▲ **règles pastorales**,

▲ **contrats de vaches** ou de bétail, par lesquels des propriétaires mettent leurs animaux en pension chez des éleveurs,

▲ **invitations** de culture ou de travaux,

▲ **négociations commerciales.**

Des valeurs d'entente sont développées également dans le cadre des brassages **scolaires**, **institutionnels** ou **religieux**. Ces brassages sont inspirés par des contextes culturels extérieurs aux traditions culturelles des communautés.

Conflits

Des conflits apparaissent dans le monde rural qui sont liés aux comportements des différents groupes sociaux se côtoyant dans le milieu. Ils perturbent parfois sérieusement l'activité agricole. En voici quelques exemples.

▼ De nombreux conflits naissent autour de la **propriété de la terre**, surtout lorsque les coutumes de groupes sociaux ou d'ethnies différents se superposent. Les autorités terriennes traditionnelles arrivent souvent à des compromis permettant de régler ces conflits. Si elles n'y arrivent pas, l'application des codes étatiques s'impose. Mais il se peut que naissent des incompréhensions dues aux logiques différentes qui fondent les coutumes foncières d'une part, les codes étatiques d'autre part.

▼ Les litiges **entre agriculteurs et éleveurs** sont également très courants. Ils interviennent lorsque le bétail transhumant ou divagant provoque des destructions dans les cultures (**76** et **77**). Les communautés de pasteurs et d'agriculteurs se comportent souvent de façon contradictoire. Les règles qui permettraient d'éviter les litiges sont insuffisantes ou insuffisamment appliquées: respect des parcours du bétail par les agriculteurs, contrôle de la divagation des animaux par les éleveurs, répartition équitable des terres entre les communautés de pasteurs

et d'agriculteurs, gestion équilibrée des conflits, latents ou ouverts, par les autorités étatiques.

▼ **L'exploitation du bois** engendre aussi de nombreux problèmes.

Le **bûcheronnage non concerté** avec les communautés villageoises, pratiqué sans tenir compte de l'écologie locale et des nécessités de la reconstitution du milieu, est une situation conflictuelle fréquente.

Il arrive que les **femmes** villageoises ne trouvent plus dans leur environnement immédiat le bois de ménage dont elles ont besoin, soit parce que leur milieu est laissé à l'exploitation par des bûcherons venus d'autres régions, soit parce que leurs maris préfèrent vendre le bois qu'ils exploitent, plutôt que de le laisser à disposition de leur femme.



Quels seront les dégâts aux pieds d'arachide, après le passage de cette chèvre en divagation?



Les têtes des pieds de maïs en pleine phase de croissance ont été fauchées par un bœuf en divagation.



La fabrication de charbon de bois se fait souvent sans aucune préoccupation pour l'avenir des forêts et des brousses.



L'exploitant de ce champ n'a rien pu faire pour éviter l'abattage du dernier arbre subsistant sur ses terres, autorisé par une autorité localisée au chef-lieu administratif situé à plus de 50 kilomètres.

▼ La coupe du bois provoque des **désaccords entre les propriétaires de la terre et les usagers**. Les premiers veulent souvent se réserver la vente du bois coupé sur leur terre, plutôt que d'en laisser bénéficier les locataires. Mais aussi, ils refusent le plus souvent à ces derniers, le droit de planter les arbres dont ils devraient disposer pour satisfaire aux besoins familiaux en bois.

▼ La création de **grands domaines** de plantation est une source d'incompréhension entre les communautés locales, les acquéreurs de grands domaines et les Etats. Des communautés paysannes sont parfois obligées de quitter leurs terres pour faire place à des projets d'Etat ou à des attributions de domaines privés. Les déguerpissements de familles hors de leurs terres ancestrales sont souvent à l'origine d'importants conflits. Ces situations créent des rancœurs entre les autochtones et les allochtones ayant bénéficié des attributions de domaines.

▼ Des conflits existent aussi entre **éleveurs et pêcheurs**, par exemple lorsque les troupeaux traversent régulièrement les mares de pêche sans tenir compte des modes de vie du poisson (**80**). Les passages successifs des troupeaux détruisent la végétation aquatique nourrissant le poisson, ainsi que les zones de fraie de celui-ci.

▼ Il se peut que les conflits naissent entre les familles ou les groupes professionnels, **à cause des modes d'exploitation** des ressources terriennes ou aquatiques. Dans cette mare du Tchad, l'utilisation de grands filets à mailles serrées occasionne la surexploitation du poisson au bénéfice de riches particuliers, et au détriment des petits pêcheurs familiaux (**81**).

80



Le passage régulier des troupeaux dans cette mare a amené la destruction de la flore aquatique et la disparition des poissons. Les alentours de la mare sont impropres à l'agriculture, à cause du piétinement permanent du bétail venant s'abreuver.

81

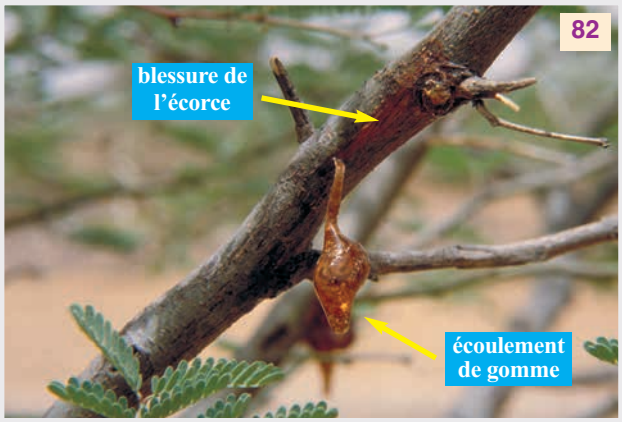


L'utilisation de grands filets à mailles fines entre en concurrence directe avec la pêche familiale sur le lac de Fianga (Tchad). Les grands filets capturent tous les poissons, même trop jeunes, et détruisent les fonds du lac et en particulier les zones de frai du poisson. L'alimentation des familles s'en ressent.

- Il arrive que des conflits **armés** naissent entre communautés, en vue de s'assurer certaines richesses végétales naturelles. Le cas de la gomme arabique est un exemple. Des communautés du Tchad, du Cameroun et du Nigéria se sont entretuées afin de maîtriser l'exploitation de quelques acacias gommiers poussant naturellement dans leur milieu. Ces querelles sont nées suite à la demande importante de gomme qui s'est manifestée dans les pays industrialisés, dans le courant des années 90.
- Relevons encore les nombreuses **guerres** qui ont eu cours sur le continent durant ces mêmes années. Elles mettent à mal les sociétés et empêchent l'exploitation normale des fermes, la circulation des produits agricoles, leurs transformations. Dans certaines régions, elles **détruisent les familles**, par exemple lorsque les jeunes gens sont engagés dans une guerre comme enfants-soldats, délaissant les travaux agricoles dans les fermes familiales.

Ce ne sont là que quelques exemples de conflits se déroulant dans l'environnement économique et social des exploitations familiales. Malheureusement, les **mécanismes pour les arbitrer** n'existent pas toujours, ont disparu ou ne fonctionnent pas bien. Des progrès importants se manifestent lorsque sont créés des espaces sociaux de discussion, de formation, d'information, de négociation, mettant tous les acteurs en présence, avec la modération d'arbitres reconnus par tous les protagonistes. On parle de **GESTION DES CONFLITS** lorsque les différentes communautés ou groupes en conflits tentent de se mettre d'accord au sein de ces espaces sociaux.

82



L'exploitation de la gomme arabique s'écoulant des blessures de l'Acacia nilotica est source de conflits armés entre plusieurs ethnies.

Le milieu économique et social: un ensemble complexe

Nous venons de voir toute une série d'activités, liées entre elles, qui constituent le milieu économique, social et aussi politique dans lequel se déroulent les activités agricoles. Mais si nous voulons approfondir la connaissance de ce milieu, nous devons nous poser toute une série de questions et tenter d'y trouver certaines réponses. Le tableau **83** relève ces questions.

De ce tableau, retenons particulièrement l'ensemble des relations qui forment le milieu économique des fermes. C'est dans ce milieu économique que l'agriculteur poursuit ses divers buts: autosuffisance, revenus monétaires, sécurité et préservation des ressources terriennes.

83 La vie économique de la ferme

Il faut des TRAVAILLEURS

Combien de travailleurs y a-t-il dans la famille? Dans le ménage? Sont-ils suffisants pour tous les travaux agricoles prévus dans la saison culturale? A toutes les périodes de l'année? Sont-ils qualifiés? Faut-il chercher des travailleurs hors de la famille? Peut-on en trouver dans la communauté environnante ou faut-il aller les chercher ailleurs? A quel prix? La main-d'œuvre est-elle solidaire de la famille ou payée? Quelles sont les relations sociales entre les travailleurs?

Il faut de la TERRE

Le fermier dispose-t-il de terre? A qui appartient-elle? Faut-il la payer? A quel prix? Y a-t-il un chef de la terre?

Il faut de l'EAU

Les pluies sont-elles suffisantes? Faut-il aller chercher l'eau hors de la ferme? L'irrigation est-elle organisée? Combien coûte l'eau? Qui gère l'eau? Peut-on économiser l'eau disponible grâce à des pratiques adaptées?

Il faut des PLANTES

Le cultivateur dispose-t-il de semences? Qui les produit? Doit-il les acheter? A quel prix? Est-il possible d'en trouver? Les semences produites ou achetées sont-elles de bonne qualité? A qui appartiennent les arbres? Qui peut planter des arbres?...

1 Les facteurs de production

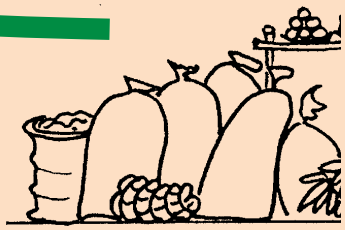
2



3 La production agricole

L'AUTOCONSOMMATION

Quelle consommation la famille peut-elle faire à partir de sa propre production fermière? La production de la ferme est-elle suffisante pour nourrir la famille entière et les travailleurs de la ferme? La production de la ferme est-elle bien orientée par rapport aux besoins familiaux? Les stockages et les moyens de conservation sont-ils suffisants? Les moyens de transformation et de préparation sont-ils suffisants?...



L'économie familiale

Les DÉPENSES de CONSOMMATION

Ce sont celles que la famille doit faire pour se nourrir, s'habiller, se loger, se soigner, s'informer, se déplacer, se détendre,...

Quelles sont les dépenses d'argent indispensables et celles qui le sont moins? Quels sont les prix de la consommation? L'argent obtenu de la vente des produits est-il suffisant pour satisfaire aux dépenses exigées pour la consommation familiale?

*Pour lire ce tableau, nous devons voir en premier lieu les trois images: celle de la famille, à gauche, celle du commerce (à droite) et celle de la production agricole (au centre). Observons ensuite les flèches, elles indiquent le sens de la lecture. Ce sont les travailleurs de la famille qui utilisent les facteurs de production (flèche **1**). Ce sont les facteurs de production qui sont combinés pour fournir la production agricole (flèche **2**). Celle-ci est autoconsommée (flèche **3**) ou commercialisée (flèche **4**). La vente de la production commercialisée permet diverses dépenses (flèche **5**). Les flèches suivantes indiquent les sortes de dépenses qui peuvent être faites par la famille (flèches **6**, **7** et **8**). Les flèches **9** et **10** montrent les échanges qui existent entre le milieu local et le milieu extérieur (autres régions et villes, autres pays).*

La CIRCULATION des marchandises

10

La COMMERCIALISATION et les APPROVISIONNEMENTS

Les marchés et les boutiques sont les points de rencontre entre le milieu économique local et le milieu économique extérieur.

Les produits agricoles vendus doivent être écoulés. Les marchandises de consommation des fermes doivent être amenées sur place.

Tout cela est-il bien organisé? Les transports sont-ils effectués correctement? Les prix des produits et des marchandises sont-ils équitables? Les balances sont-elles réglées? Les pesées sont-elles correctes? Les marchandises sont-elles de qualité? Sont-elles présentes au bon moment?...

9



Il faut des OUTILS

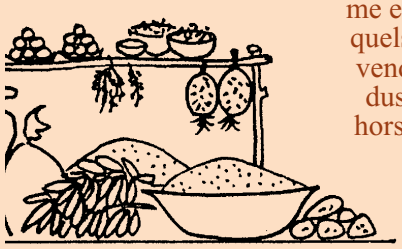
Peut-on les fabriquer ou les trouver sur place? Faut-il les acheter? A quel prix? Sont-ils de qualité? Faut-il des machines et pour quels travaux sont-elles nécessaires? Quelles machines sont adaptées et disponibles?

Il faut de l'ARGENT

Les méthodes de culture exigent-elles peu ou beaucoup d'argent? Combien d'argent faut-il? Pour quoi faire? Peut-on trouver des méthodes de culture peu exigeantes en argent? L'argent peut-il être trouvé à crédit?

La VENTE des produits agricoles

La production peut-elle être vendue? A qui? A d'autres habitants? Aux commerçants? A l'État? A une coopérative? Quelle part de la production est vendue? Sous quelle forme est-elle vendue? A quels prix? A quels moments les produits sont-ils vendus? Les produits sont-ils vendus dans le village, dans le pays, hors du pays? Sont-ils transformés avant d'être vendus?



4

Les DÉPENSES DE PRODUCTION

Ce sont celles que l'agriculteur doit faire lorsqu'il ne trouve pas tous les moyens nécessaires sur ses propres terres.

Quels facteurs de production sont produits dans la ferme ou le terroir? Les moyens nécessaires peuvent-ils être trouvés et amenés à la ferme? Sont-ils de la qualité voulue? A quels prix doit-on les acheter? L'argent obtenu de la vente des produits est-il suffisant pour permettre les dépenses de production?...

5

L'argent obtenu lors de la vente est-il suffisant pour réaliser les trois grandes sortes de dépenses:

- ❒ les dépenses de production
- ❒ les dépenses de consommation
- ❒ les dépenses sociales et les dépenses obligées?

6

7

Les DÉPENSES SOCIALES

Quel est le montant des dépenses sociales et des dépenses obligées, telles que écolage, deuil, maladie, mariage, impôt?

8

Questions autour des exploitations agricoles

De nombreuses questions ne sont pas reprises au tableau **83**. C'est à chacun de continuer à s'en poser et de rechercher les réponses dans sa propre situation, si possible avec d'autres personnes concernées. La perception des interférences entre tous les éléments du milieu et des systèmes de production qu'on y trouve est importante avant toute réflexion sur les actions de progrès à y mener.

Questions d'économie

- ❑ **Quelles sont les décisions** à prendre dans la ferme? Les décisions sur l'utilisation des terres et des travailleurs, celles qui portent sur les pratiques culturales, sur les ventes, etc.

  Qui décide de cela, et **à qui appartiennent les produits agricoles ou l'argent**: à l'homme, à la femme, au groupe, à la communauté, au métayer, au propriétaire de la terre?
- ❑ Qui dispose des **droits de travailler la terre**? Quelles sont les obligations des propriétaires et des usagers de la terre, des jeunes, des vieux, des femmes, des étrangers?
- ❑ **Quelles sont les relations entre ceux qui font l'agriculture et ceux qui font l'élevage**? Travaillent-ils sur les mêmes terres? Echangent-ils des produits entre eux? Se rendent-ils des services?...
- ❑ **Quelles sont les ressources disponibles autour de soi**? Est-il possible d'emprunter de l'argent? A qui et à quelles conditions? Aux commerçants, aux autres habitants, à des mutuelles ou à des banques?
- ❑ Quels sont les **dangers** et les **risques** que court l'exploitation? Ces dangers sont liés au climat hasardeux, à l'attaque imprévisible de criquets, d'oiseaux, de maladies,... Ils peuvent aussi être liés à l'organisation de l'infrastructure ou du commerce, par exemple lorsque les sociétés ne fournissent pas les marchandises souhaitées, lorsque le crédit d'achat de machines est absent ou trop coûteux, lorsque les routes sont coupées, lorsque les prix des produits s'effondrent, etc.
- ❑ L'**exode rural est également un aspect de l'économie des villages**. Qu'est-ce qui explique l'exode? A quelles périodes se manifeste-t-il? Lorsqu'il y a exode, la vie économique des villages se dégrade, en même temps que la vie sociale. Poser des questions sur le pourquoi de l'exode rural est une façon de connaître l'économie villageoise.
- ❑ Quels sont les **aspects culturels** qui interfèrent avec l'économie des exploitations? Il peut s'agir des religions de terroirs, de tabous, de rituels collectifs.

Questions de société

La vie sociale et la culture sont des aspects tout aussi importants que l'économie.

- ❍ Comment sont organisées les **familles**? De façon matrilinéaire ou patrilinéaire? En familles larges ou réduites? La femme va-t-elle habiter chez l'homme ou inversement? Comment se font les **alliances** entre familles? La réponse à ces questions est éclairante sur une série de situations locales: qui peut exploiter les terres familiales, qui peut planter des arbres, qui peut exploiter les fruits, les feuilles, les écorces?
- ❍ **Comment les gens vivent**-ils à la ferme: les hommes, les femmes, les jeunes gens et les jeunes filles, les enfants, les salariés? Comment s'organisent l'habitat, les cuisines, etc.? Qui dispose de stocks de produits agricoles? Quels types de produits sont stockés par chaque groupe social: hommes, femmes, jeunes gens, jeunes filles?
- ❍ Comment se transmettent les **héritages,** fonciers ou autres?
- ❍ Comment se manifeste et se transmet l'**autorité villageoise**, familiale, communautaire?
- ❍ Quels sont les modes de **relation entre différents groupes socioprofessionnels**: agriculteurs, pasteurs, pêcheurs, apiculteurs, chasseurs, charbonniers, artisans, etc.?

Les questions ci-dessus permettent d'analyser les exploitations agricoles et leur environnement économique et social. Ne détaillons pas plus, mais retenons que la vie sociale et culturelle d'une communauté a une influence importante sur la vie économique et sur l'agriculture familiale.

Quels sont les problèmes économiques et sociaux qui se posent dans les exploitations et les familles de notre zone? Quelles sont les dégradations constatées? Quels sont les mécanismes de concertation communautaire pour les analyser?



Chapitre 9
Les terroirs et leurs représentations

Le relief de la terre

Qu'est-ce que le relief?

Le **RELIEF** indique la forme d'un territoire: ses montagnes, ses plateaux, ses plaines, ses vallées. En parlant de relief, on caractérise les pentes, la présence de ravins, la forme des vallées et leur profondeur, etc.

Le relief de la terre détermine les mouvements de l'eau, la vitesse de son ruissellement, ou son accumulation, l'exposition aux vents et au soleil. Les terres en pente exposées directement aux rayons solaires sont souvent plus chaudes et sèches que celles qui ne le sont pas. Les pratiques agricoles s'adaptent au relief des champs. On ne cultive pas un bas-fond de la même façon qu'un plateau ou qu'un terrain en pente.

Les caractéristiques du relief résultent d'une longue histoire de la planète. C'est au cours de millions d'années que se sont accumulées les roches, les sables, les eaux de la mer et des grands lacs, et que se sont formés les continents, leurs montagnes et leurs volcans, les reliefs sous-marins.

Le relief des terres agricoles

Voici un terroir **plan** (84). Les rivières et les bas-fonds sont peu profonds. Les pentes sont faibles, l'eau de pluie y ruisselle peu. Elle a plutôt tendance à s'infiltrer dans le sol sableux.

Voici un site **montagneux** du Rwanda (85). C'est un relief **accentué**. Certaines pentes très fortes ne peuvent pas être cultivées sans risque de forte érosion. D'autres le sont, malgré tout, parce que les populations locales manquent de terres moins abruptes. Les roches sont apparentes par endroits et lorsqu'il pleut, quasi toute l'eau qui tombe sur les pentes est rapidement emportée vers les torrents.


84
relief de plaine

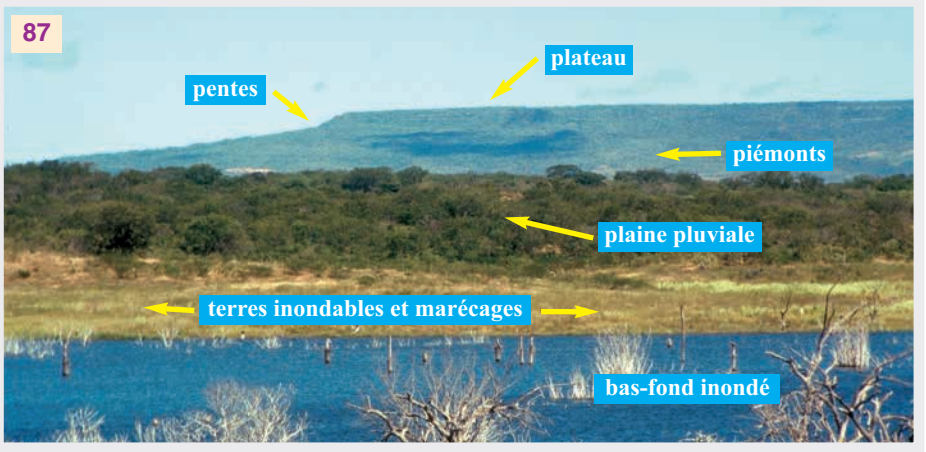

85
relief de montagnes


86
relief de collines

Voici un paysage **collinaire** du Congo (86). Le relief y est moins accentué que le précédent. Les roches n'apparaissent pas en surface. Des limons et de l'argile se sont progressivement accumulés dans le fond des vallons et sur les bas de pentes.

En relation avec le relief, les agronomes distinguent cinq grands types de terres, dont plusieurs sont mis en évidence par la photo **87**.

- ❑ Les **terres de plateau** sont situées en hauteur. Leur relief est relativement plane ou peu accentué. Elles sont soumises aux pluies, mais ne sont pas inondées, à l'exception de petites mares ou lacs de plateau.
- ❑ Les **terres de pentes** sont situées sur le flanc des vallées. On y trouve des ravines, des affleurements rocheux, des accumulations de pierres. Les pentes ont tendance à s'adoucir dans leurs parties inférieures où les matériaux arrachés par l'érosion s'accumulent (**88**). Ces parties sont appelées **piémonts**.
- ❑ Les **terres de plaine** ont un relief peu accentué. On y pratique l'agriculture pluviale, ou, si les ressources en eau le permettent, des cultures irriguées. Dans la zone photographiée, les terres de plaines sont arborées



- ❑ Les **terres de bas-fonds** sont situées dans les vallées, en bordure de ruisseaux, de rivières et de lacs. C'est là que s'accumulent les argiles fines et les limons arrachés sur les flancs de colline, par les eaux de pluie ruisselantes. Ces terres risquent de subir des inondations au moment des crues des cours d'eau qui parcourent la vallée.

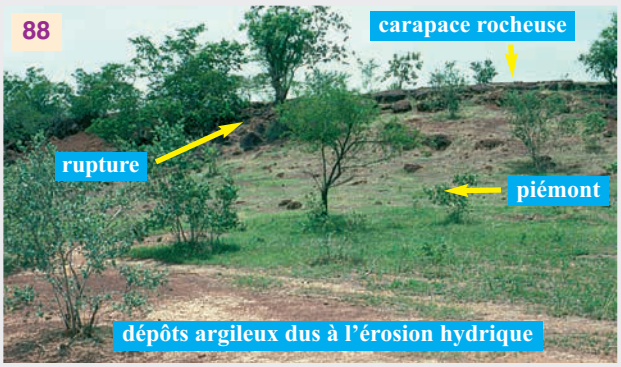
  Parmi les terres de bas-fonds, il y a des **MARÉCAGES**. L'eau s'y maintient durant de longues périodes de l'année.

  Les terres de bas-fonds sont souvent intéressantes pour l'agriculture puisqu'elles sont proches des cours d'eau et des nappes souterraines. Pour être cultivées, elles doivent cependant bénéficier de travaux de drainage ou d'irrigation.

- ❑ Les **terres de montagne** sont celles qu'on trouve sur les flancs des montagnes. Les risques d'érosion y sont élevés. La proportion de pierres et de roches est importante. Pour être durable, leur exploitation exige des aménagements importants.

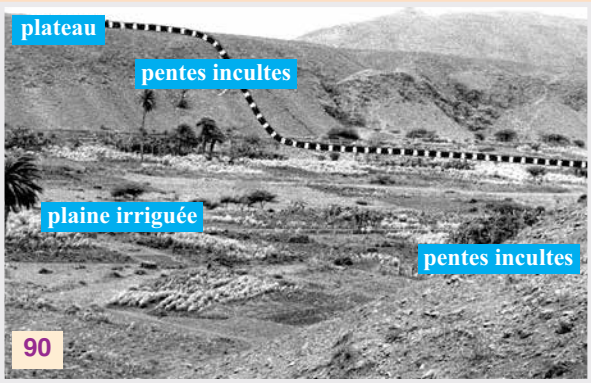
Le relief de la terre a eu au cours des siècles, et a aujourd'hui encore, une grande **influence sur la composition des sols** et de la végétation naturelle ou cultivée.

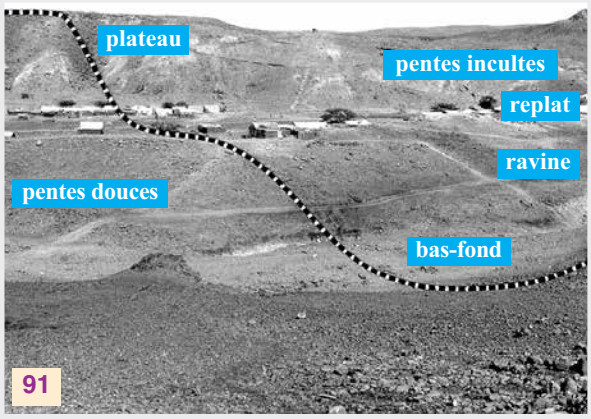
- ❍ Les **mouvements de l'eau** sont déterminés par le relief. L'eau stagne ou ruisselle plus ou moins rapidement. Elle trie les éléments composant le sol et elle les déplace. Ces éléments s'accumulent aux endroits où l'eau ralentit. Nous en parlerons au chapitre 18.
- ❍ Le **vent** agit avec plus ou moins de violence sur les différentes parties du relief. A certains endroits, il arrache des particules de sol, à d'autres, il les dépose (chapitre 21). A certains moments, il est desséchant, à d'autres, il apporte la pluie.
- ❍ Les **rayons** du soleil agissent différemment selon le relief. Les terres en pente bien exposées à l'est s'échauffent plus vite, le matin, que celles exposées à l'ouest. La sécheresse risque d'être plus forte sur les pentes largement exposées aux rayons solaires durant toute la journée, que sur celles qui le sont moins ou pas du tout.

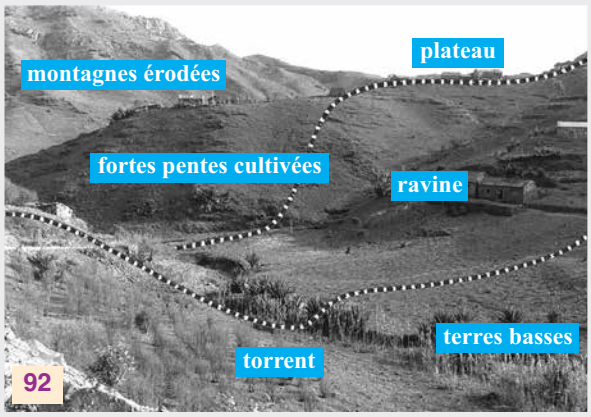


Ce plateau est constitué d'une carapace latéritique très ancienne. Elle a été minée par l'érosion et s'est effondrée à sa bordure, au cours des temps. Au bas de la pente, il y a une accumulation, relativement récente, de sable et d'argiles.

89 Observation des reliefs









Observons le relief de quelques terres cultivées

La connaissance du relief est nécessaire quand on veut procéder à des aménagements fonciers, par exemple en vue de modifier les mouvements des eaux de ruissellement (chapitre 19), de planter des arbres, d'établir des brise-vent, de protéger les cultures contre une trop forte exposition au soleil, et surtout, de choisir les pratiques de labours.

Cette connaissance concerne non seulement le terroir auquel on s'intéresse, mais aussi les environs proches et lointains. Si l'idée est d'aménager une plaine, il est nécessaire de connaître les différents bassins versants qui entourent cette plaine. C'est de là que proviennent les eaux. Si on veut aménager des flancs de collines pour y retenir l'eau, il faut relever la topographie des lieux et des pentes situées au-dessus des parties traitées, afin d'estimer la force des eaux qui débouleront plus ou moins violemment sur les aménagements.

Les photos **90** à **93** mettent en évidence l'intérêt de l'observation des paysages à partir de points de vue bien choisis. On tente de définir des lignes imaginaires qui seraient formées par l'intersection de la surface du sol avec un plan vertical invisible. L'intérêt de ces lignes imaginaires est que leur repérage force une observation approfondie et les questions correspondantes.

Bassins versants

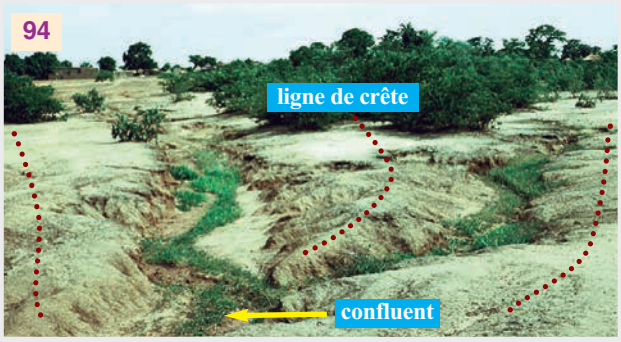
L'eau qui se trouve à la surface du sol a toujours tendance:

- à **ruisseler** dans le sens de la plus forte pente,
- à **s'accumuler** dans les dépressions, là où elle ne rencontre plus de pente descendante ni d'exutoire.

Toutes les terres qui alimentent en eau un cours d'eau forment ce qu'on appelle un **BASSIN VERSANT**. Chaque rivière ou ravine a son propre bassin versant, séparé de ses voisins par une **LIGNE DE CRÊTE,** ou **LIGNE DE PARTAGE** des eaux.

La photo **94** montre deux petits bassins versants qui se rejoignent. On voit la ligne de crête entre les deux. Si on remonte vers l'amont de l'un des cours d'eau, on voit que les lignes de crête se subdivisent chaque fois que de nouveaux ruisseaux rejoignent le cours principal.

A force de se rassembler, l'eau des rigoles et des ruisseaux s'accumule dans les rivières puis dans les grands fleuves comme le Congo, le Sénégal, le Niger, le Nil, le Zambèze. Les bassins versants de ces grands



Deux petits bassins versants confluents

fleuves s'étendent sur des millions de kilomètres carrés. De même pour les grands lacs naturels tels que le Tchad, le Victoria, le Tanganyka, le Maïndombe, ou artificiels comme les retenues d'Assouan, d'Akosombo, de Kossou, de Guyer.

Dès qu'on veut aménager une retenue d'eau devant un barrage, il est nécessaire de connaître le bassin versant qui se situe en amont de ce barrage. La **quantité d'eau** qui viendra s'accumuler sera en effet **proportionnelle**:

- ❒ à la **superficie** du bassin versant,
- ❒ à la quantité d'**eau de pluie** qui y tombe,
- ❒ aux proportions d'eau qui **ruisselle** ou qui **s'infiltre** dans le sol ou le sous-sol,
- ❒ à la **vitesse d'écoulement** de l'eau ruisselante, vitesse qui dépend des pentes,
- ❒ au débit des **sources** environnantes.

Nous reviendrons plus tard sur ces points.



Bassin versant dans les montagnes de l'île de Santiago du Cap Vert

Cartographie

Les **CARTES GÉOGRAPHIQUES** sont des représentations schématiques des caractéristiques du milieu. Elles sont établies sur du papier ou sur d'autres supports tels que des films, des tissus, des panneaux. Elles sont établies dans des buts précis que nous allons détailler.

Types de cartes

Tout le monde connaît les cartes **routières** et les cartes **administratives** d'un pays ou d'une zone. Mais les cartes peuvent être **démographiques** pour indiquer la densité de population ou la position de différentes ethnies, **climatiques** pour situer et caractériser les climats, **agricoles** pour localiser les grandes cultures. Elles peuvent être établies en vue de situer des ressources en **eau** (hydrographiques), en **minerais** (géologiques), en **sols** (pédologiques). Parfois, elles sont utilisées pour des raisons **techniques**, par exemple en vue d'un aménagement de terrain ou de la construction d'un bâtiment. On parle alors de cartes ou de **plans topographiques**.

Tous les niveaux de cartographie sont possibles. Il existe des **mappemondes** qui représentent tous les continents de la planète. Des cartes représentent les **océans**, le **ciel**, les **étoiles**. Mais on trouve aussi des cartes qui se limitent à décrire un village, une ville, une zone, une vallée.

La plupart des cartes sont établies par des services techniques ou des firmes spécialisées, mais chaque personne peut en établir en fonction de ses besoins propres, de façon plus ou moins précise, comme nous le verrons plus loin.

Dans le monde rural, la carte la plus familière est celle du pays où on vit, ou celle de l'Afrique qui montre où sont situés les différents pays et leur capitale. Notons sur les plans et les cartes les légendes qui donnent une idée des distances. Ce sont les échelles cartographiques, dont nous parlons ci-dessous.

Nous voyons aussi deux cartes du Congo-Kinshasa. La première est administrative (**102**). Elle localise simplement les départements et les arrondissements. La seconde est une carte plus générale sur laquelle on peut repérer les routes, les grandes rivières, les grandes falaises, les villes et les localités d'une certaine importance (**99**). C'est une carte routière.

Légende et échelle

La **LÉGENDE** d'une carte est un tableau qui indique comment le dessinateur a représenté, avec plus ou moins de détails, les éléments cartographiés: les grandes et les petites routes, les villes et les petites bourgades, les rivières, les lacs et les ruisseaux, les forêts, les mosquées, les hôpitaux, les aéroports, etc.

Les cartes des géographes sont également munies d'une **ÉCHELLE** imprimée. Elle sert à mesurer les dis-

tances entre deux points de la carte. Cela se fait par exemple avec une latte d'école: on mesure les distances en centimètres entre deux points et on calcule ensuite la distance réelle, sur le terrain, en appliquant les formules reprises au tableau **96**.

Par exemple, s'il est dit que l'échelle est au cinquante millième, on écrit 1/50.000. Cela veut dire que si on mesure 1 centimètre sur la carte imprimée, la distance réelle sur le terrain est de 50.000 centimètres. En tenant compte de ce que 1 mètre contient 100 centimètres, on peut calculer, en divisant 50.000 par 100, qu'un centimètre sur la carte vaut 500 mètres sur le terrain.

Si l'échelle est d'un millionième (on écrit 1/1.000.000) on déduit que la distance réelle sur le terrain pour chaque centimètre mesuré sur la carte équivaut à 10.000 mètres, ou 10 kilomètres.

96 *Quelques échelles cartographiques*

si l'échelle indiquée sur la carte est la suivante:		un centimètre mesuré sur la carte équivaut en réalité sur le terrain à:
1/10.000	⇨	100 mètres
1/25.000	⇨	250 mètres
1/50.000	⇨	500 mètres
1/100.000	⇨	1.000 mètres ou 1 kilomètre
1/1.000.000	⇨	10.000 mètres

Orientation de la carte

Outre la légende et l'échelle, une carte montre toujours une **ORIENTATION**. Une flèche indique où se trouve le nord. Une convention est que s'il n'y a pas de flèche, c'est le haut de la carte qui représente le nord de la zone cartographiée. Cela permet à celui qui a une boussole ou qui peut repérer le nord grâce aux étoiles ou au soleil de bien orienter sa carte pour la lire.

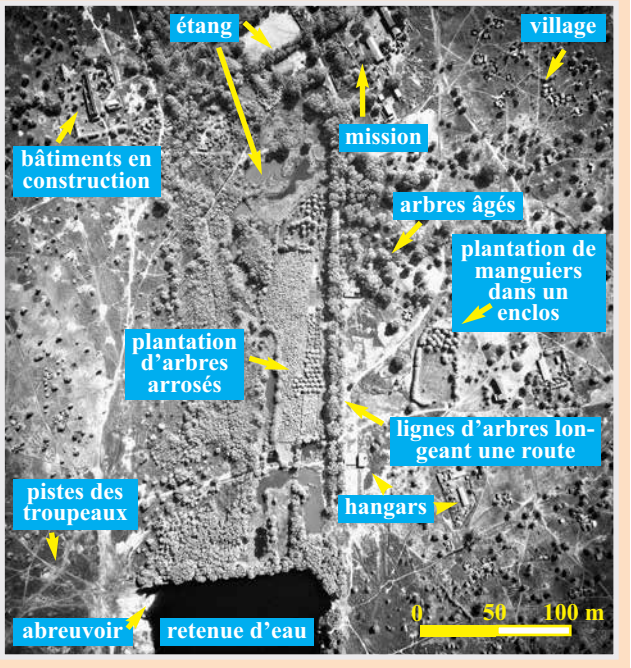
Lorsqu'une carte est établie par un particulier ou dans le cadre d'une association, les références sont souvent imprécises, par rapport à celles des cartographes, faute de boussole. Cela n'empêche pas, en vue de se représenter des terroirs, d'établir une carte en se référant à des points connus de ce terroir ou de la zone.

Comment établit-on les cartes?

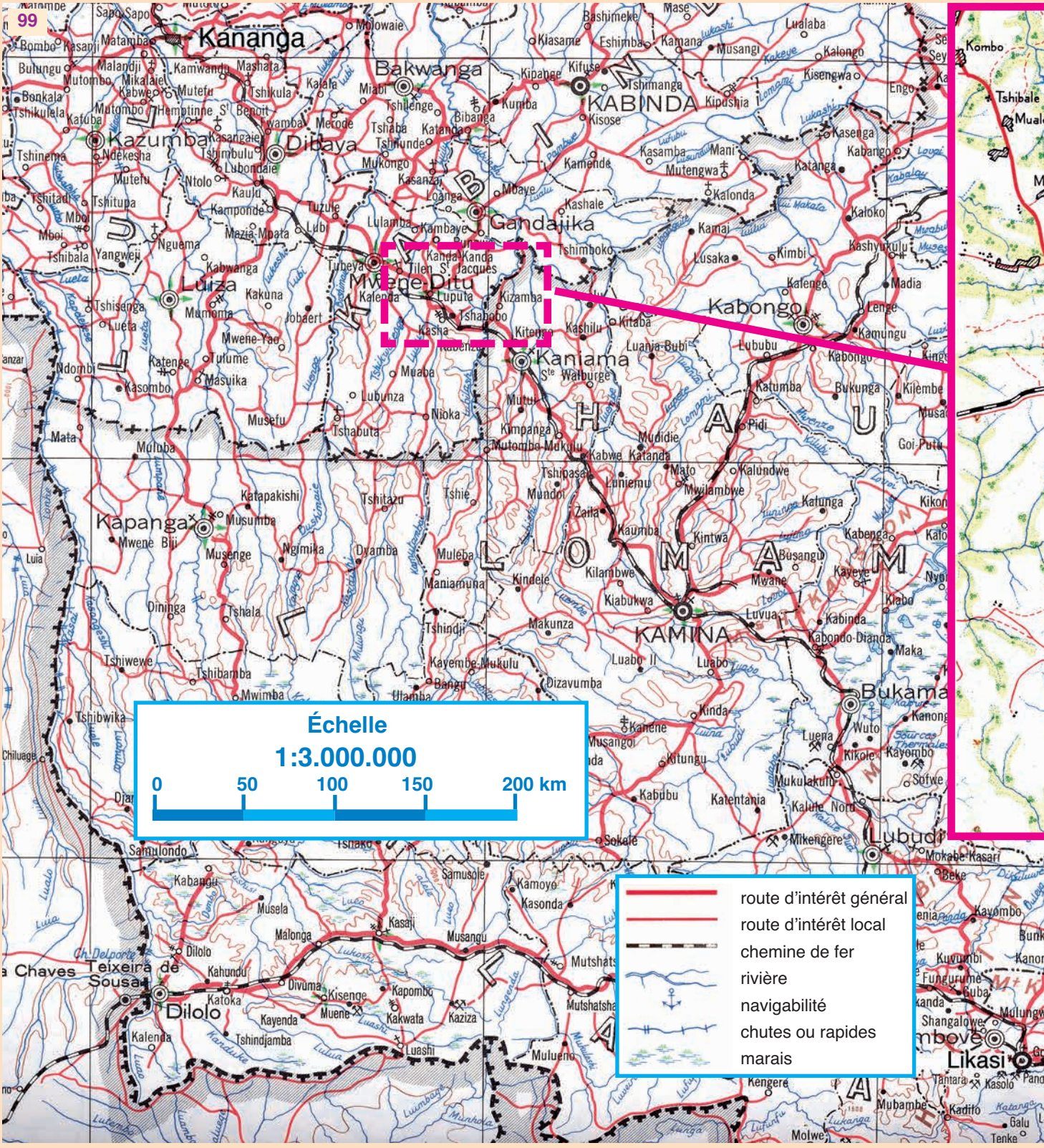
Depuis de nombreux siècles, les hommes établissent des cartes. Pour les réaliser, ils se sont orientés d'abord en observant les étoiles, puis ils ont utilisé des boussoles, cheminant sur la terre dans toutes les directions, et mesurant les distances. Toutes sortes d'**instruments topographiques** ont été et sont utilisés. Afin d'assurer des repérages exacts à la surface de la terre, on a mis en place, dans des endroits particuliers, de nombreux **relais géodésiques** ou **topographiques**. Ceux-ci quadrillent la planète en tous sens. Ils indiquent les positions géographiques et les altitudes. Ils servent aux topographes chaque fois qu'ils doivent établir des cartes ou des plans d'aménagement.

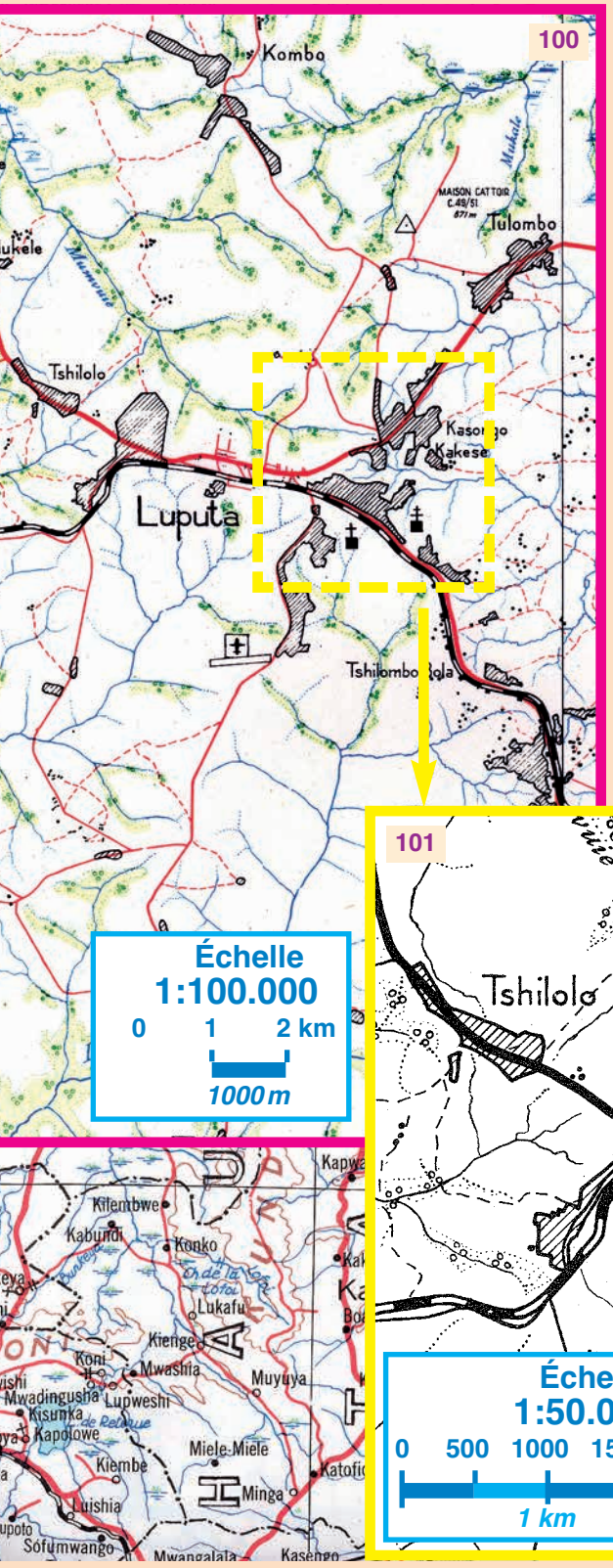
Les **PHOTOS AÉRIENNES** (**97** et **103**) et **SATELLITAIRES** permettent de faire le travail de cartographie avec précision. Elles permettent de positionner chaque aspect des terres, qu'il s'agisse d'infrastructures, de zones écologiques, d'habitat, etc. Dans les années '90, est apparu le système dit "GPS" qui, à partir de satellites, permet de localiser avec précision des sondes ou des bornes fixes ou mobiles placées sur la terre. Les relevés par satellites sont capables de localiser les champs et les habitations au mètre près. Ils reconnaissent le type de sol ou de végétation, l'altitude des montagnes.

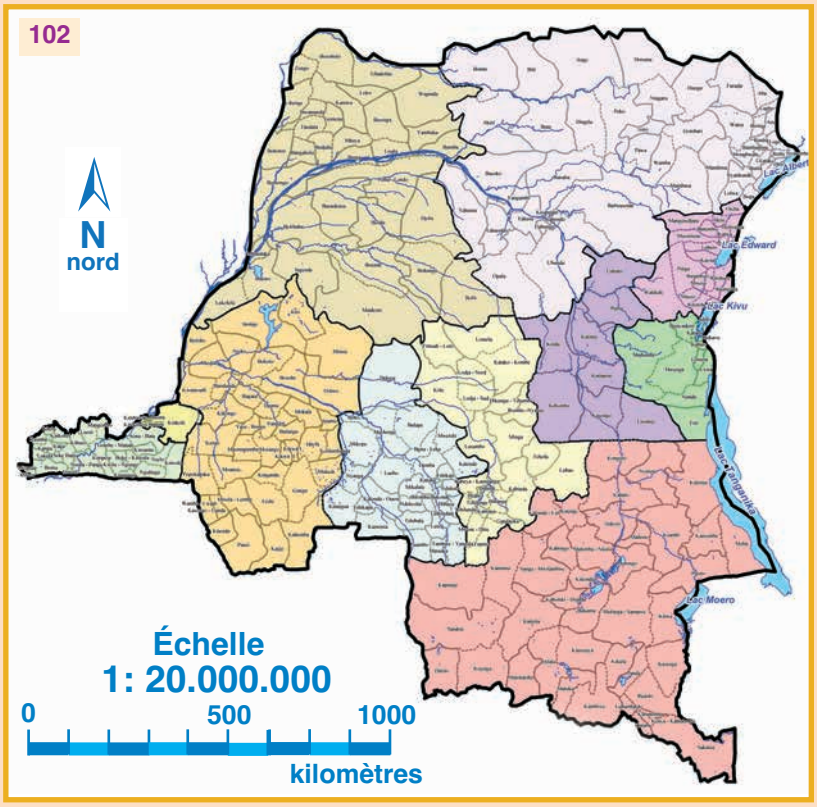
97 *Photo aérienne aux alentours du barrage de Pabré (Burkina Faso)*

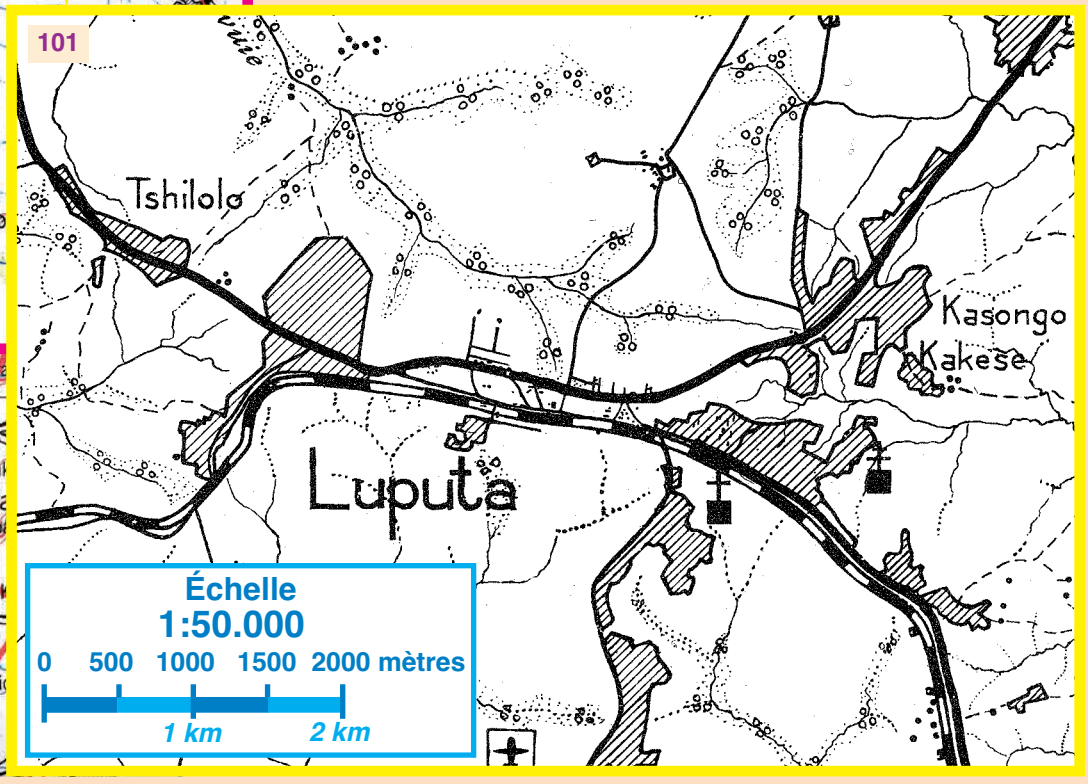


98 Quelques niveaux cartographiques (en République Démocratique du Congo)

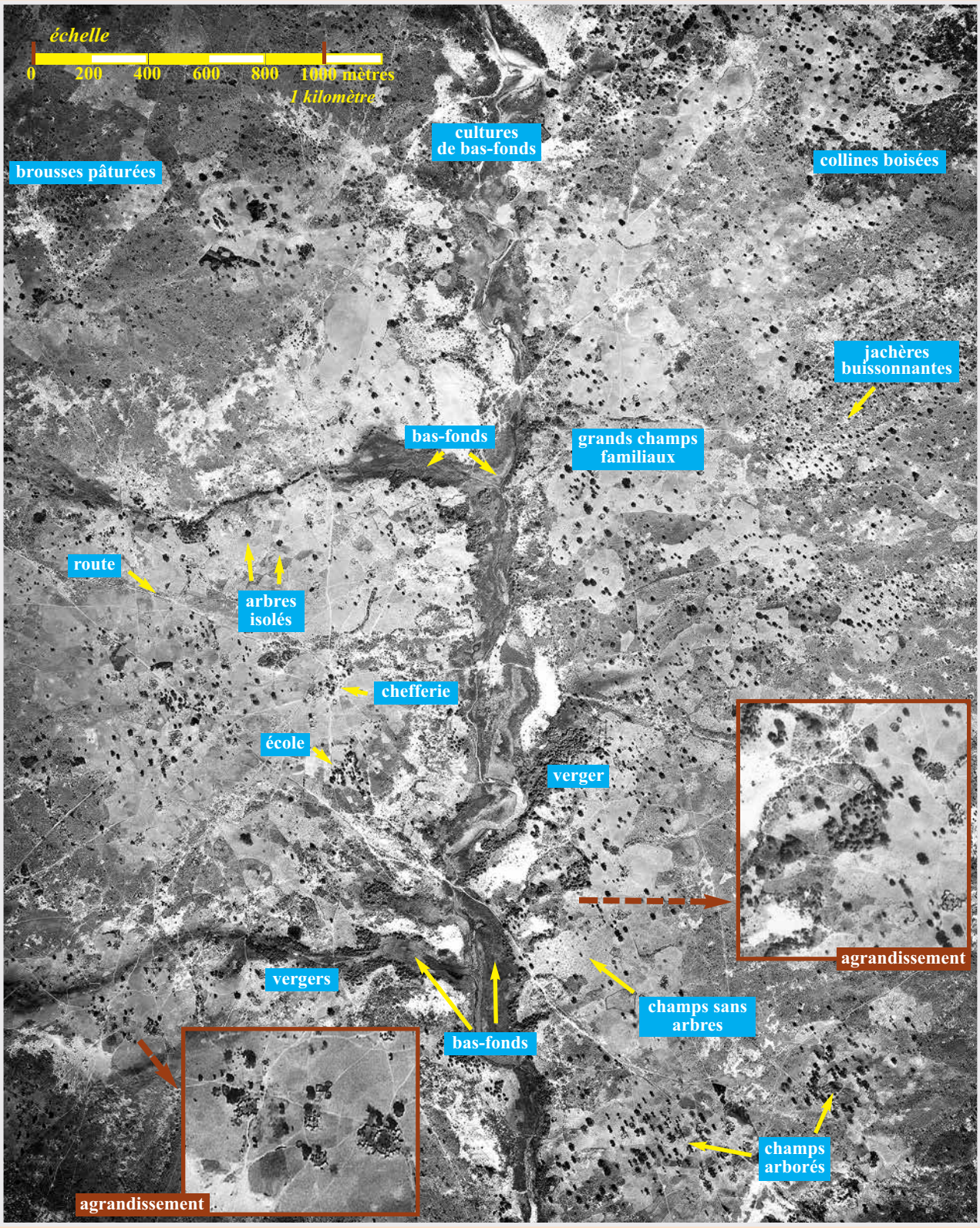



100
Komba
Tulombo
Tshilolo
Kasongo
Kakese
Luputa
Tshilombo
Échelle
1:100.000
0 1 2 km
1000 m
Kilembwe
Kabundi
Konko
Lukafu
Kienge
Koni
Mwashia
Muyuya
Lupweshi
Kisunka
Kapolowe
Miele-Miele
Kiembe
Minga
Luishia
Sofumwango
Mwangalala
Kasengo


102
N
nord
Lac Edward
Lac Kivu
Lac Moero
Échelle
1: 20.000.000
0 500 1000
kilomètres


101
Tshilolo
Kasongo
Kakese
Luputa
Échelle
1:50.000
0 500 1000 1500 2000 mètres
1 km 2 km

103 Photo aérienne au 1/20.000 dans le Passore (Burkina Faso)



Établir une carte pour les besoins communautaires

Intéressons-nous à la façon dont les habitants d'une zone peuvent **se représenter leurs terroirs**. C'est souvent utile pour la recherche de solutions à des problèmes entre les occupants, qu'ils soient agriculteurs, éleveurs, pasteurs, pêcheurs, propriétaires des terres ou simples usagers.

Parmi les points à relever, lorsqu'on réalise une carte de terroir en commun, il y a par exemple:

- la **localisation de l'habitat** et des quartiers familiaux,
- la répartition des **zones agro-écologiques**: champs, jachères, forêts, terres pastorales,
- le constat des problèmes de **dégradation des terres** ou des brousses,
- la disposition géographique des **parcours de bétail**,
- les **zones de ruissellement et d'inondation**,
- la **répartition foncière**.

Pour que le travail de cartographie communautaire soit utile à chacun, on le réalise avec toutes les parties concernées: particuliers, hommes et femmes, propriétaires fonciers, usagers de la terre, éleveurs, cadres administratifs.

S'il existe des cartes ou des photos aériennes, on les utilise pour les repérages et les interprétations. On les acquiert dans les instituts géographiques nationaux.

L'établissement de cartes n'est pas réservé aux seuls cartographes. Voici par exemple trois cas où des groupes de personnes réalisent des cartes à leur usage propre.

La carte de la photo **104** a été établie par les animateurs paysans de Sob, au Sénégal, en vue de présenter leur terroir à leurs visiteurs.

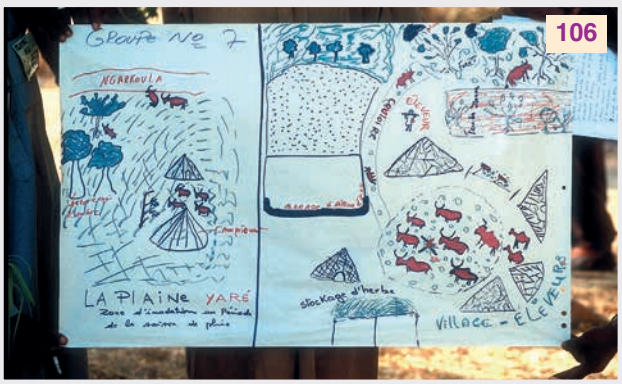
La carte **105**, elle, a été établie par les habitants de Sapouy (Burkina Faso) pour représenter à leur façon les caractéristiques des terres situées autour de leur retenue d'eau et les aménagements qu'ils proposent d'y faire. L'établissement de la carte a permis d'aborder plusieurs questions conflictuelles telles que l'occupation des terres par les habitants autochtones et allochtones du village, les parcours du bétail, les zones de culture mal protégées d'où proviennent les terres qui remplissent le lac, les zones de fluctuation des eaux, les parties pouvant être occupées par les maraîchers et celles qui doivent être préservées.



La cartographie n'est pas seulement l'affaire de techniciens spécialisés.



Les habitants de Sapuy ont dessiné au tableau noir un plan du barrage et de son environnement tels qu'ils se présentent. Le nouveau plan du barrage et des alentours reprend tous les aménagements proposés au cours d'un atelier collectif.



Visualisation cartographique prospective d'un mode de gestion des zones de parcours du bétail et des zones de culture. Elle est réalisée par des éleveurs-pasteurs.

Voici une carte prospective (**106**) réalisée par un groupe mixte d'éleveurs et de cultivateurs, peu diplômés,

pour se familiariser avec un mode d'organisation du terroir qui évite les conflits entre eux.

Au niveau des rencontres paysannes, toutes sortes de représentations sont possibles, en fonction du sujet abordé.

Ce type de cartes, peu précises aux yeux des techniciens, a l'avantage d'être le fruit d'un travail d'observation et de synthèse de la communauté directement concernée par le sujet, alors même qu'elle ne dispose pas des moyens nécessaires pour rémunérer des spécialistes en topographie.

Les topographes et les techniciens qui interviennent pour les aménagements ne se satisfont pas de ces représentations communautaires, mais ils peuvent tenir compte des avis de la population pour établir leurs plans détaillés, en y intégrant ses informations et ses modes de figuration. De même, des paysans ayant tenté leur propre cartographie sont mieux à même de comprendre les plans détaillés des topographes, surtout si ceux-ci, parallèlement, peuvent présenter des photos aériennes.

Analyse du paysage

La première chose à faire pour représenter un terroir est de le **visualiser**. On se rend si possible sur les hauteurs dominant la zone qu'on veut connaître.

Voici une photo prise au sommet d'une haute colline (**107**). Elle montre l'aspect d'un terroir: les habitations, les chemins, l'arborisation, le découpage des parcelles de culture. On note les observations, on dessine, on photographie, mais surtout, on tente d'établir les relations entre les éléments observés: les zones de ruissellement, les parcours, les zones boisées, les feux, etc. On observe la façon dont est organisé l'habitat. On se pose des questions sur l'évolution du terroir au cours des saisons successives. On tente de voir les problèmes de dégradation ou les améliorations notables et d'en faire rapport.

Voici le terroir collinaire d'une petite ferme (**108**). On y voit une habitation, les arbres qui l'entourent, les champs de haricots, ainsi que, à l'avant, les herbes et les buissons qui poussent le long d'un ruisseau (qu'on ne distingue pas sur la photo).

Sous la photo, un **dessin** fait à la main décrit le paysage. Les détails ne sont pas repris, mais nous voyons l'essentiel: la forme de la colline (marquée par de longs traits), l'habitation, les arbres, les champs. Plus que le dessin lui-même, c'est le temps pris pour observer et dessiner les éléments du terroir qui sont enrichissants. Une masse d'informations va apparaître, qu'un simple passage rapide n'aurait pas permis de relever.

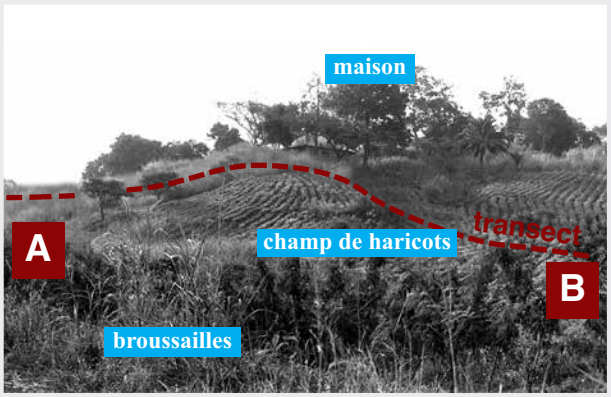
Il n'existe pas de points hauts sur tous les terroirs. L'analyse du paysage n'est pas toujours possible de la façon décrite ci-dessus.

107

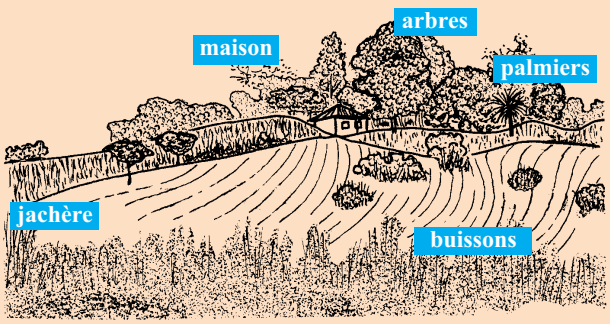


Vue d'un terroir à partir d'un sommet. On voit d'emblée un grand nombre de caractéristiques qu'il ne serait pas possible de constater au niveau de la plaine elle-même.

108 Observer un terroir collinaire

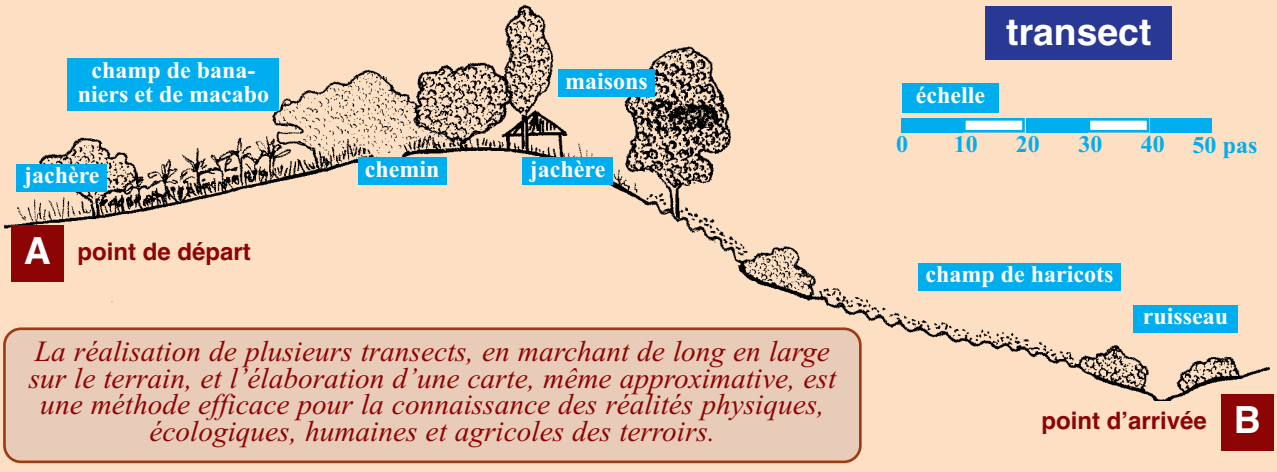


En haut, vue d'un terroir à partir d'un sommet. En bas, représentation des observations.

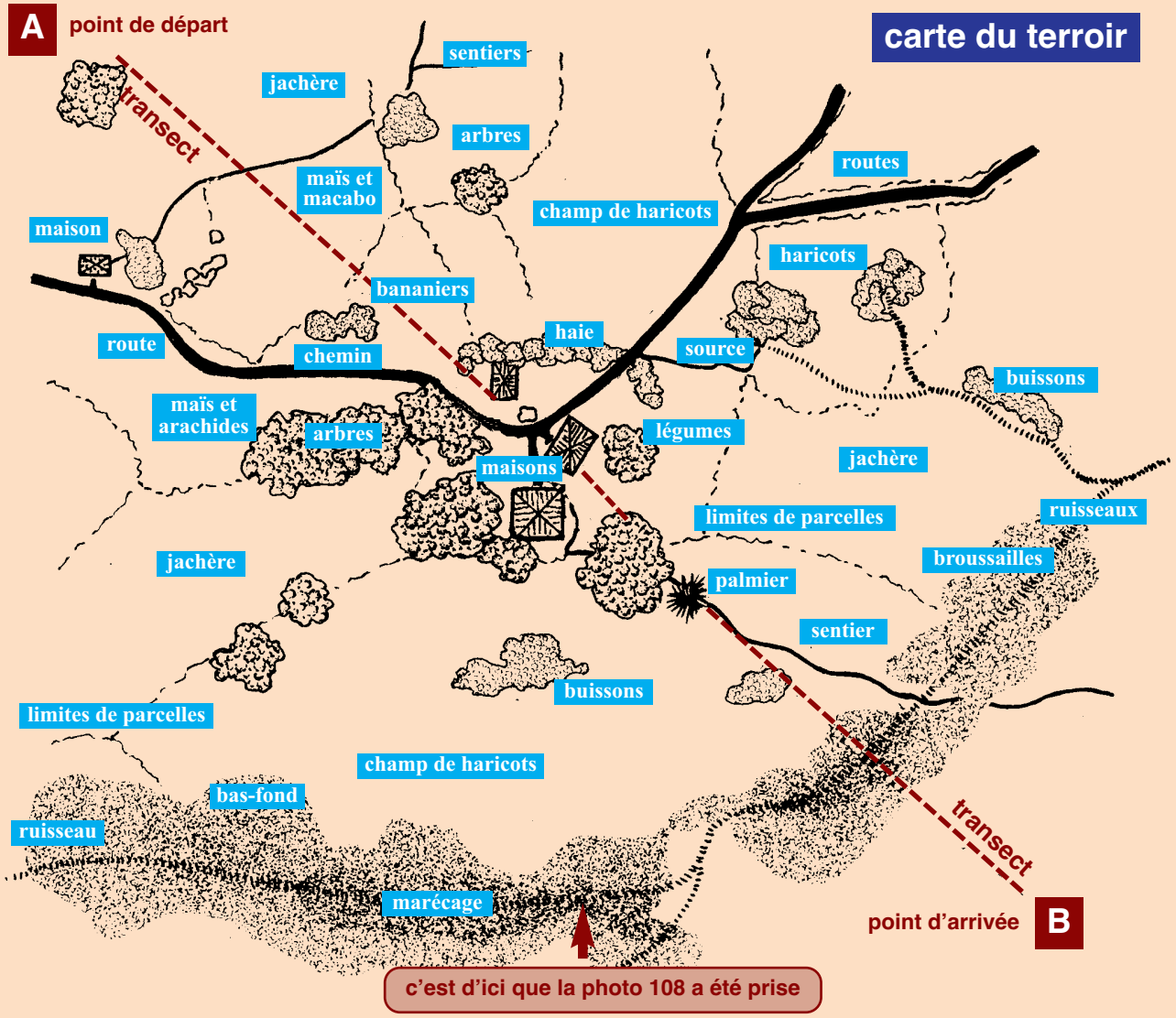


Le dessin simplifié ne reprend que les aspects essentiels du paysage: forme des collines, maisons, parties boisées, localisation des jachères et des champs, etc.

109 Transect et cartographie d'un terroir



La réalisation de plusieurs transects, en marchant de long en large sur le terrain, et l'élaboration d'une carte, même approximative, est une méthode efficace pour la connaissance des réalités physiques, écologiques, humaines et agricoles des terroirs.



Marcher dans le terroir: les transects

Nous allons parcourir le chemin indiqué par la ligne en pointillé sur la photo **108** et dans le tableau **109**. Notre point de départ **A** est situé à l'arrière de la colline, du côté gauche de la photo. Le point d'arrivée **B** est situé à droite, en avant, peu après avoir traversé le ruisseau (). En nous déplaçant en ligne droite, de A en B, nous allons noter toutes les caractéristiques rencontrées. Au début, c'est une jachère d'herbes: nous y rencontrons un arbre. Puis, la pente montante devient plus forte. On traverse un champ de maïs et de macabo, puis une bananeraie. Vers le sommet, nous traversons un chemin. Entre les arbres, nous longeons l'habitation, puis la pente se met à descendre. C'est encore une jachère durant quelques mètres. Un grand arbre marque la limite de cette jachère. La descente se poursuit dans un grand champ de haricots établi sur des billons. Il s'étend jusqu'à la bordure de grandes herbes qui longent le ruisseau. Ce cheminement nous permet de repérer un ensemble d'éléments qui, à première vue, ne nous étaient pas apparus. Certains sont permanents (chemins, arbres, maisons), d'autres non (cultures, jachères).

En marchant, nous avons compté nos pas. Du point de départ à l'habitation, nous en avons compté 220. De l'habitation jusqu'au ruisseau, nous en avons compté 170. Nous avons compté aussi les pas qui séparent chacun des points importants que nous avons rencontrés (arbres, chemin, habitation, buisson, ruisseau). Nous venons de réaliser et de représenter un **TRANSECT**. Le but poursuivi lorsqu'on établit un transect est de prendre conscience, d'une façon détaillée, des caractéristiques du terroir ou de la zone, et de mettre ces caractéristiques en relation.

A partir des dessins et de quelques transects réalisés dans le terroir observé ci-dessus, nous pouvons établir approximativement, sur du papier quadrillé, une **carte du terroir** (**109**). On y voit le parcours des chemins et des sentiers, la position des maisons, la localisation des champs, la situation du bas-fond et des sources, et tout ce qui peut nous intéresser. Cette représentation pourra éventuellement être confrontée aux photos aériennes et aux cartes officielles.

L'utilisation d'outils d'arpentage - chaîne d'arpenteur, boussole, théodolite, niveaux d'eau, etc. - permet, lorsqu'on en dispose, de faire un travail plus précis.

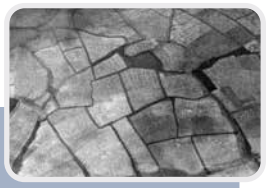
Pour confectionner les transects et la carte, nous avons dû déterminer une échelle. Par exemple, si nous avons mesuré les parcours en pas, nous dirons que 10 pas effectués sur le parcours sont représentés par un centimètre de longueur sur la carte que nous élaborons. N'oublions pas de l'indiquer.

L'élaboration de transects sur le terroir d'une ferme, d'un village ou d'une zone, permet de **rencontrer des réalités** positives ou négatives: modes de culture, mode d'occupation foncière, problèmes environnementaux tels que le ruissellement et l'érosion, couverture arborée, problèmes de fertilité, conflits de voisinage, etc. S'il se fait en commun, le cheminement le long du transect permet de **mobiliser les esprits** et d'encourager la réflexion sur le présent et l'avenir du terroir. L'établissement en commun d'une carte permet de synthétiser les observations.

Pour plus de précisions concernant la méthode du transect, on consultera utilement *"Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique"*.

Quel est le relief de notre terroir? Existe-t-il des cartes et des photos aériennes? Quels sont les meilleurs sites d'observation du terroir? Quelles représentations collectives peut-on faire de nos terroirs? En marchant dans notre terroir, le long d'un transect, et l'œil ouvert à tout ce que nous rencontrons, quelles informations obtenons-nous sur les milieux biotique, abiotique, écologique et économique?

Notes



Partie 3
Organisation des terroirs et droits fonciers

Le mot **TERROIR** désigne l'ensemble des terres, cultivables ou non, d'une ferme, d'un hameau ou d'un village, d'une petite zone. Nous allons consacrer les prochains chapitres à l'analyse de quelques terroirs agricoles, à leurs caractéristiques économiques et géographiques, et à leur organisation foncière.

Les questions foncières sont toujours très complexes. Elles concernent des personnes, des communautés, des institutions étatiques. Elles sont soumises à des enjeux économiques et sociaux cruciaux pour la vie des populations rurales. Envisageons ici quelques pistes d'analyses, sans entrer dans les multiples situations qu'on pourrait rencontrer sur le terrain, dans les différents pays africains. A chacun, dans sa propre zone, d'utiliser les outils proposés dans les pages qui suivent pour éclairer ses idées, si possible en commun avec ceux qui vivent dans les terroirs ou qui y transhument.

Chapitre 10
Quelques terroirs

Occupation des terres et parcellaires

La superficie d'un pays, d'un territoire, d'un terroir villageois, est découpée en nombreux morceaux. On parle de **PARCELLAIRE** pour caractériser ces découpages.

Des limites visibles et non visibles

Le découpage des parcelles de terre résulte de plusieurs éléments qui sont:

- ✔ les caractéristiques du **milieu naturel**: bas-fonds marécageux, formations herbeuses, forêts, plateaux rocheux, ruisseaux, etc.;
- ✔ les découpages **artificiels**: champs, boisements, pâturages, casiers irrigués, parcelles d'habitation, parcelles industrielles, zones commerciales, etc.;
- ✔ les limites de **propriétés**. Elles peuvent être marquées par des éléments caractéristiques et bien visibles (haies, clôtures, etc.), ou ne pas apparaître clairement;
- ✔ les limites **administratives** de collectivités, de départements, de provinces. Elles sont ordinairement peu visibles.

Certaines limites remontent à un passé lointain, d'autres sont récentes. Elles évoluent en fonction de la vie et des événements qui se déroulent sur les terroirs.

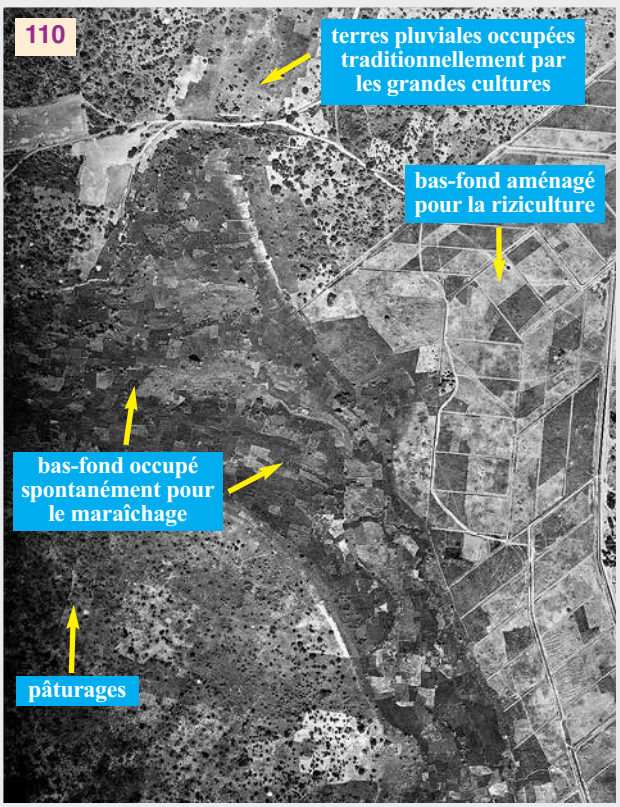


Photo aérienne du terroir de Sindou, au Burkina Faso. On y voit quatre zones différentes ayant chacune leur parcellaire particulier: grandes cultures céréalières traditionnelles, rizières aménagées, bas-fonds maraîchers, zones pâturées.

Sur la photo aérienne (**110**), nous voyons le parcellaire du terroir de Sindou (Burkina Faso). On y distingue les casiers aménagés, le bas-fond exploité spontanément, les terres pluviales occupées traditionnellement, et les pâturages.

Représentation des parcellaires

La photo aérienne **111** montre le parcellaire d'une petite zone du Nigeria. Des haies marquent les limites des parcelles. C'est un paysage bocager. A partir de la photo, on a schématisé une carte.

Le parcellaire peut être représenté sur des cartes ou des plans plus ou moins détaillés, ou par des photos aériennes. Ces représentations sont utiles:

- ✎ lorsqu'on réalise des **relevés topographiques** en vue d'aménagements fonciers ou hydrauliques;
- ✎ pour la **résolution de problèmes de voisinage**;
- ✎ lors de **l'établissement d'un cadastre** des propriétés terriennes (voir plus loin);
- ✎ pour des **opérations d'attribution** ou de réattribution de terres aux familles, lors de remembrements fonciers.

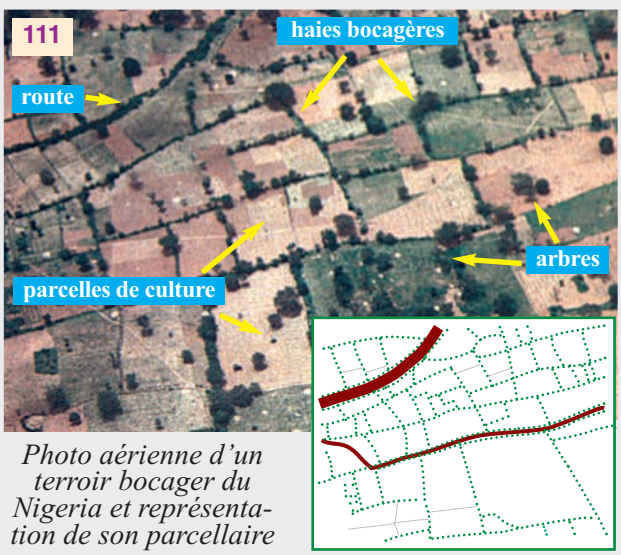


Photo aérienne d'un terroir bocager du Nigeria et représentation de son parcellaire

Évolution des parcellaires

Les parcellaires **évoluent dans le temps**. Certains éléments sont stables, d'autres changent constamment.

Parmi les **éléments relativement stables**, on note entre autres:

- ▲ les **propriétés collectives ou individuelles**,
- ▲ les **limites marquées physiquement** par des haies, des murs, des clôtures, des falaises, etc.,
- ▲ les **zones aménagées** telles que les casiers rizicoles, les plantations d'arbres, les vergers,
- ▲ les frontières et les **limites administratives**.

Il y a des **éléments changeants**:

- ▼ la **superficie des parcelles mises en culture à chaque saison** dépend de la force de travail disponible lors des mises en culture, ainsi que des outils utilisés. Les champs établis par des cultivatrices travaillant à la houe sont beaucoup moins grands que ceux qui sont exploités mécaniquement;
- ▼ dans les zones rurales soumises aux règles coutumières de gestion terrienne, le parcellaire **dépend des attributions saisonnières** de parcelles par les chefs de terres. Ces attributions changent parfois d'année en année, surtout dans les systèmes fonciers où les droits d'usage ne sont pas stabilisés. Dans les zones de culture itinérante, le parcellaire évolue en fonction de la progression des défriches;
- ▼ les superficies cultivées **dépendent des plans de culture.** L'occupation des sols se modifie en fonction de l'**intérêt des occupants** pour les cultures saisonnières ou pérennes, l'élevage, l'arboriculture, etc.;
- ▼ le parcellaire évolue aussi lorsque des **aménagements fonciers** sont réalisés: diguettes pierreuses, fosses antiérosives, bandes herbeuses, canaux d'irrigation, etc.

Difficultés liées à l'évolution des parcellaires

L'accroissement de la population et ses besoins en terres amènent un certain nombre de difficultés. Des contestations existent par exemple:

- ✎ entre les propriétaires, sur les **limites de propriété**, lorsque celles-ci ne sont pas clairement bornées ou délimitées;
- ✎ entre usagers, sur les **limites des parcelles cultivées,**
- ✎ sur les **zones de ruissellement**,
- ✎ sur les zones respectives de **cultures** et de **parcours** du bétail,
- ✎ sur la position des **haies**, des **enclos**, des **clôtures**.

Les problèmes liés aux parcellaires dans les terroirs peuvent être **résolus de plusieurs manières**, des plus concertées, aux plus autoritaires:

- par des **négociations de bon voisinage**,
- par des **concertations entre tous les protagonistes** concernés, sous la modération de personnes reconnues par les parties,
- par l'intervention des **autorités coutumières**,
- par des **interventions administratives,**
- par des **procédures judiciaires**.

Les coutumes foncières sont codifiées oralement en tenant compte des possibilités d'arbitrage des chefferies traditionnelles. Ces possibilités ont été restreintes dans les zones d'immigration. Les interventions d'autorité de l'administration suppléent souvent aux arbitrages coutumiers. Le cadastrage, dont nous allons parler plus loin, est l'une des méthodes permettant de limiter les conflits entre les occupants, mais il existe rarement en milieu rural.

L'étude du parcellaire nous renseigne sur l'organisation des terroirs, et sur leurs modes d'exploitation. Nous allons prendre quelques exemples.

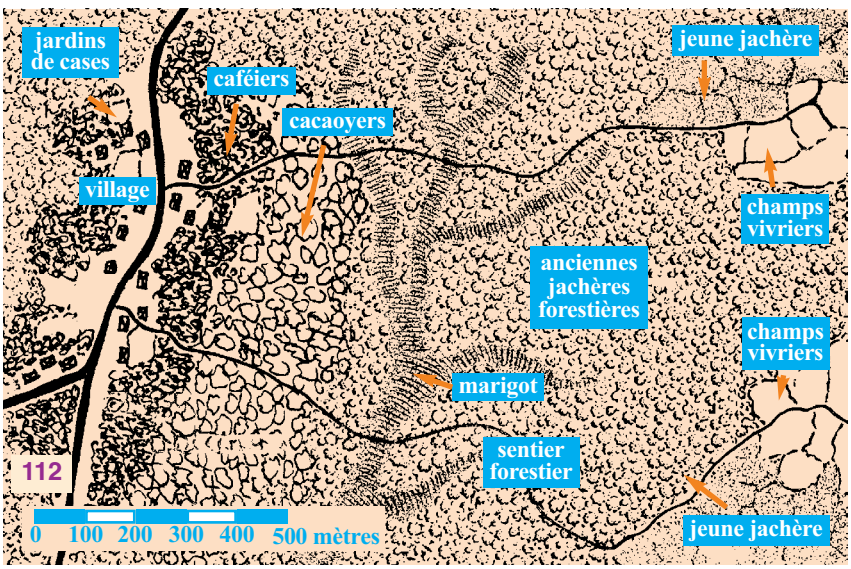
Un village dans la forêt camerounaise

Dans l'est du Cameroun, pénétrons dans le terroir d'un village situé en zone forestière. Les habitants de cette région sont très peu nombreux (pas plus de 5 à 10 habitants au km²). Ils habitent en bordure des routes et s'enfoncent dans la forêt pour établir des champs et des campements de culture, à la façon de ce que nous avons rencontré au chapitre 2. La photo **113** montre un quartier du village. A l'avant des maisons, le long de la route, de grands espaces sont dégagés de toute végétation. C'est là que se déroule la vie familiale et sociale, que les produits sont exposés, que les marchés sont organisés à la vente.





Aspects d'un village en zone forestière camerounaise. En haut, le village, en bas, le champ sur défriche forestière et le campement de culture.



Dans ce terroir, on ne peut caractériser de parcellaire précis. La localisation des cultures change chaque année, selon les principes de l'**AGRICULTURE ITINÉRANTE**, ou **agriculture sur défriche**. Tout en résidant au village, les familles se déplacent de lieu en lieu, pour établir des champs dont la durée d'exploitation ne dépasse pas quelques saisons culturales. Lorsque la fertilité du sol diminue dans un lieu, on va installer ses champs un peu plus loin, sur d'autres défriches. Au bout de 3 ou 4 ans, on laisse repousser la végétation spontanée. La jachère s'installe alors pour 10, 15 ou 20 ans, durée en relation avec l'abondance des terres disponibles.

- A côté des habitations, on trouve des petits **jardins de cases** contenant des courges, quelques pieds de coton, de ricin, des légumes feuilles, des plantes médicinales, du tabac. Ces jardins sont exploités journellement par les femmes qui y trouvent toutes sortes de produits. Leur superficie est limitée. Mal clôturés, ils sont ravagés par des animaux domestiques en divagation. Des arbres fruitiers dominent les jardins. Ils sont moins gênés par ces animaux.
- A l'arrière des jardins, des petites **plantations** de caféiers et de cacaoyers, qui sont les cultures de rente, ont été établies. Par le passé, les services de vulgarisation exigeaient que ces plantations s'édifient à proximité des routes et des habitations afin de leur faciliter les contrôles. Ce sont ces plantations qui fournissent les revenus monétaires nécessaires pour payer l'impôt, la scolarité des enfants, et des biens de première nécessité. Elles bénéficient des déchets ménagers et des excréments humains et animaux.

  Seuls les planteurs sont capables de suivre la limite de leurs plantations en accord avec leurs voisins. Ils se repèrent à partir de certains signes: arbres-bornes, pierres, ruisseaux, etc., mais il n'y a pas de bornage précis et incontestable.
- Derrière les plantations, on pénètre dans une zone de **jachères forestières**. Leurs limites sont peu manifestes, à l'exception de quelques **arbres-bornes** connus des seules familles et chefs de terres.
- On suit des sentiers taillés sous la végétation volubile, pendant de longues minutes. On traverse des marigots avant de déboucher dans des **défriches** comparables à celles que nous avons rencontrées au chapitre 2. Des **champs** y sont consacrés à la production d'aliments, de médicaments, de fibres, etc., utilisés principalement pour la consommation familiale. Plusieurs cultivatrices ont établi leurs parcelles dans ces clairières. Leur forme et leur superficie est en rapport avec la force de travail qu'elles ont pu et voulu développer. Les limites entre les parcelles des femmes sont marquées par des alignements de gombo, de roselle, de variétés de manioc cultivées pour leurs feuilles légumières. Le parcellement disparaîtra dès que la terre retournera en jachère. Le parcellaire n'est donc pas définitivement fixé à l'intérieur de ces clairières, mais celles-ci sont reconnues par les habitants du village.

Dans ce village, il n'existe pas de parcelles cultivées collectivement entre les familles. La terre appartient à la collectivité villageoise représentée par un chef de terre, mais les parcelles sont cultivées par chaque ménage ou famille polygame. Il n'existe qu'un simple regroupement des parcelles vivrières selon les deux grandes familles du village, comme on le voit sur la figure **112**, ainsi qu'un système d'entraide entre les familles pour les travaux journaliers.

Dans le village, une partie du parcellaire, proche des habitations, est relativement stable, une autre est en constant changement. C'est **le travail** de défrichement ou de culture, investi sur une terre par le défricheur et sa famille, qui **détermine le droit d'usage**, au moins pour la durée du cycle cultural, parfois de façon plus permanente.

L'itinérance des cultures pose **plusieurs problèmes**. Les **trajets** entre le village et les champs sont longs. Les transports à dos d'homme ou de femme sont lourds et difficiles sur les sentiers forestiers peu aménagés, entrecoupés de troncs d'arbres. L'itinérance des cultures à l'intérieur de la forêt rend difficile la création de pistes permanentes facilitant le passage des moyens de transport. En outre, les cultures saisonnières de vivres sont **mal surveillées** et fréquemment dévastées par des animaux sauvages sortant de la forêt (singes, phacochères, éléphants, agoutis, etc.).

Terroirs collinaires chez les Bashi

Droits d'usage précaires et semi-permanents

La photo **116** présente un terroir collinaire situé à l'est de la R.D. du Congo, au pays des Bashi.

Selon les coutumes anciennes, c'est le *Mwami* qui possède toute la terre. Il la concède à ses sujets, à travers une **hiérarchie de notables** fonciers locaux. La terre est accordée **de façon discrétionnaire**. Un occupant peut obtenir un droit d'usage pour un temps plus ou moins long, moyennant des dons à son notable terrien, mais il peut aussi se la voir retirer. La cession d'un droit d'usage se fait pour des périodes plus ou moins longues. Parmi les règles foncières traditionnelles d'attribution des terres, ce sont le *kalinzi* et le *bwasa* qui sont les plus caractéristiques.

Notes

Le *kalinzi*

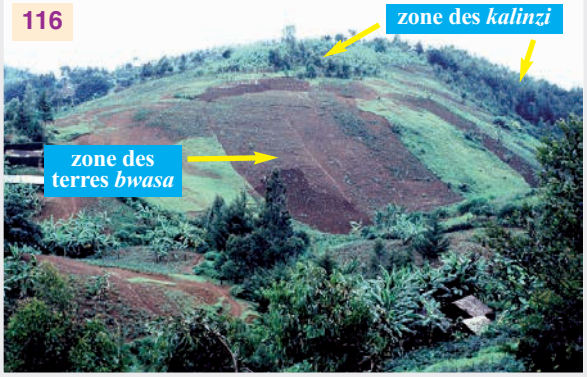
Généralement, les chefs de ménage obtiennent l'usage **à long terme** d'une parcelle sur laquelle ils ont le droit d'installer leur maison et leurs activités sociales. C'est le *kalinzi*. Lorsqu'ils obtiennent ce droit, ils sont autorisés à installer une bananeraie qui est le signe d'une occupation permanente. Elle se situait généralement sur les parties élevées des collines, mais actuellement, compte tenu de l'accroissement démographique, on la trouve aussi sur les flancs de collines.

C'est au cœur de leurs bananeraies que résident les familles (**115**). Construire une maison et établir une bananeraie est un investissement à long terme, profitable autant sur le plan écologique que pour l'économie et la vie sociale. Écologique, car la terre est fixée et la fertilité y augmente. Économique et sociale parce que la bière de banane est au cœur des relations sociales et qu'elle fournit le principal des revenus monétaires.

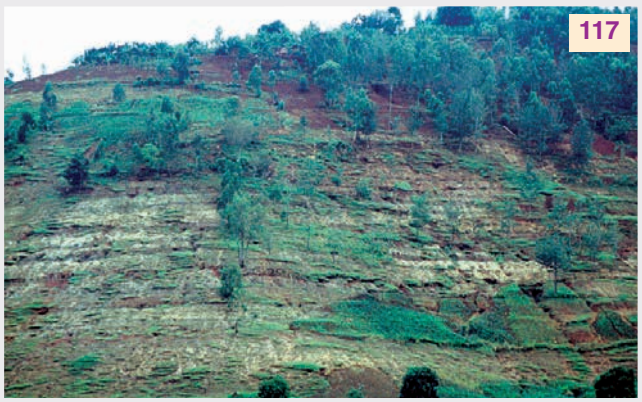
Paysages collinaires dans le Bushi (R.D. du Congo).



Ci-dessus: la zone de kalinzi, occupée en parmanence par une bananeraie et des arbres fruitiers. C'est là que réside la famille.



Ci-dessous:sur les pentes, des terres sont cultivées sous le régime précaire du bwasa, en cultures saisonnières seulement.



Ces terres occupées de façon précaire, anciennement protégées contre l'érosion dans le cadre d'un programme d'aménagement étatique, ne sont plus entretenues régulièrement, faute d'une autorité efficace forçant les usagers et les propriétaires fonciers à des entretiens réguliers.

Le *bwasa*

Les terres situées sur les flancs de la colline, sont exploitées sous le régime du *bwasa*. Elles sont attribuées à des familles ou des individus, **à titre précaire**, pour le temps d'un cycle cultural: haricot, sorgho, maïs, pomme de terre, par exemple.

A chaque saison, le propriétaire peut réattribuer les parcelles. Chacun des usagers du *bwasa* — souvent des femmes — ne peut envisager qu'une exploitation à court terme. Aucun aménagement ou enrichissement des sols n'est effectué puisque l'usager n'a pas la garantie de pouvoir profiter de son investissement.

Faute de règles d'exploitation précises, l'érosion s'installe dangereusement. Les propriétaires ne s'en occupent que peu ou pas du tout. Les usagers n'ont pas les moyens de lutter efficacement. La précarité du *bwasa* n'encourage pas l'organisation sociale des occupants (**117**).

Sur les terres concédées en *bwasa*, l'insécurité règne, tant sur le plan physique (à cause des risques d'érosion et d'éboulements) que sur le plan des droits d'usages, qui peuvent être enlevés, réattribués, modifiés, selon le bon vouloir des notables terriens.

Insécurité foncière

Des tentatives ont été faites pour **limiter l'insécurité foncière** sur les collines du Bushi, depuis le temps colonial. Elles ont été dans deux sens, juridique et technique.

- ❏ L'État, dès le temps de la colonisation, a promulgué des **lois foncières écrites** - des **CODES** - lui permettant de soustraire des terres aux hiérarchies coutumières traditionnelles, et de les attribuer à des personnes privées ou à des firmes. Contrairement au *kalinzi* et au *bwasa*, les terres cédées en **concession** sont accordées par l'État de façon définitive, ou du moins pour de très longues durées.

- L'État avait élaboré des **programmes techniques** de lutte antiérosive, pour obliger les propriétaires et les usagers à stabiliser les terres. Ces programmes se montrèrent efficaces tant que les services techniques disposèrent des crédits nécessaires à l'encadrement des familles concernées. Mais lorsqu'ils étaient imposés de façon trop autoritaire aux populations et à leurs chefferies, ils étaient délaissés et l'insécurité physique a souvent augmenté.

Toutefois, sur les collines que nous venons de visiter, les occupants ne peuvent trouver individuellement les solutions leur permettant de stabiliser leurs terres. Seule une autorité collectivement reconnue est capable, d'une part de sensibiliser les propriétaires et les usagers de la terre aux risques de dégradation des sols, d'autre part de les organiser, et si nécessaire de leur imposer des solutions juridiques et techniques permettant d'assurer à long terme la sécurité foncière des familles.

Comment améliorer la sécurité foncière

Voici deux cas où des réaménagements de terroirs, dirigés par l'État, ont permis de réorganiser les parcellaires et de protéger les terres contre l'érosion. Le premier est celui d'une zone de l'île de Santiago du Cap Vert. La photo **118** montre des terres non aménagées, l'érosion y est maximale. La photo **119** montre, dans une autre zone, des terres aménagées. Des murettes antiérosives en courbes de niveaux ont été construites collectivement par les familles du village. Elles traversent les propriétés, sans tenir compte des anciennes limites (l'eau ruisselante ne les connaît pas!). Propriétaires et usagers ont été obligés de participer au programme antiérosif, après concertation sur les moyens de le réaliser.

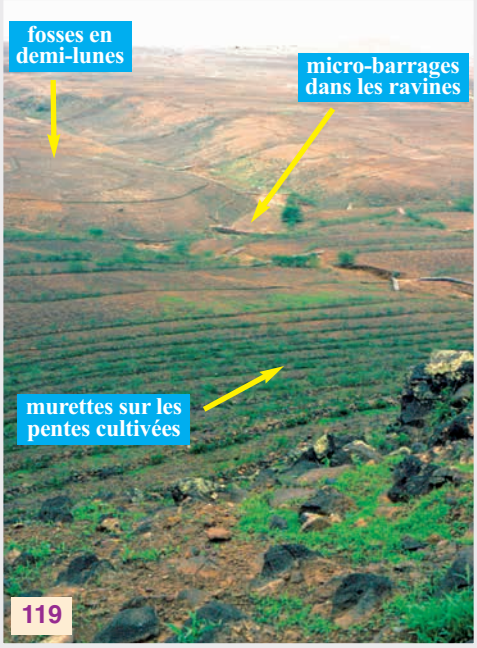
Le deuxième cas montre un terroir du Rwanda aménagé de façon comparable au précédent (**120**). Le climat de la région a permis d'arboriser les lignes antiérosives au moyen d'espèces hautement productives en bois, comme des eucalyptus, des gréviliers, des cyprès, ou des espèces fruitières comme l'avocatier ou le manguier.

Les deux zones (**119** et **120**) ont bénéficié d'un **REMEMBREMENT**. C'est une opération qui consiste à **réorganiser le terroir** de fond en comble, dans le but d'en faciliter l'exploitation et d'éviter sa dégradation. On cherche:

- ⇨ à **préparer un plan d'aménagement**. Dans ces deux zones, le plan a consisté à préparer la création des murettes, des microbarrages (dans les ravines) et des fosses antiérosives;
- ⇨ à **négocier le plan avec les occupants**, afin que chacun puisse réorganiser ses terres en fonction des nouveaux aménagements;
- ⇨ à **trouver les moyens** financiers et techniques;
- ⇨ à **rassembler la main-d'œuvre** communautaire et à organiser sa participation aux chantiers;
- ⇨ à **réaliser** ensuite les aménagements **sans compromettre les récoltes saisonnières**.



Terres du Cap Vert, cultivées sans protection contre l'érosion hydrique



L'aboutissement de ce type de travaux d'aménagement foncier ne peut avoir lieu que grâce:

- ✚ aux **exigences** de l'administration et des autorités politiques locales,
- ✚ à la **concertation** avec les habitants et les familles concernées,
- ✚ à une **révision équitable des titres fonciers**,
- ✚ à la mise en œuvre de **solutions techniques** spécialement adaptées aux terres remembrées.

Le remembrement de ces collines dénudées a été réalisé sur la base d'une volonté politique de l'État du Cap Vert, et la participation active des populations.



Paysage collinaire géré, au Rwanda. Les flancs de colline sont aménagés pour lutter contre l'érosion hydrique (fosses) et arborés.

On peut voir sur la photo **120** que le paysage a été totalement transformé. Là où les terres en pente étaient nues et soumises à l'érosion, elles ont été aménagées en veillant à ce que **chaque investissement en travail ou en argent se rentabilise**. En complément des travaux de lutte anti-érosive mécanique (fosses), il a été fait appel aux techniques de l'agro-foresterie.

Villages de savane en Afrique de l'Ouest

Organisation fonctionnelle des terres

L'organisation des terres villageoises et des activités rurales se répartit en zones fonctionnelles. Revenons au village sénégalais dont nous visitions les champs au chapitre 2. Nous en voyons l'entrée sur la photo **122**. Il comporte quatre quartiers d'habitation. Trois sont occupés par des familles d'agriculteurs, le quatrième, situé un peu à l'écart, est celui des éleveurs.

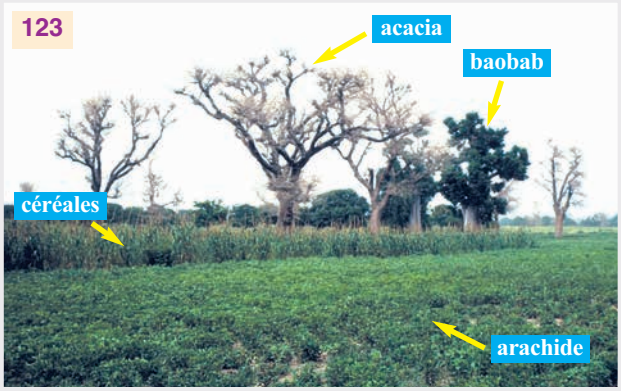
Si on observe de plus près, on reconnaîtra plusieurs sortes de parcelles gérées de façons différentes:

- les **cours** d'habitation;
- les **jardins individuels** situés à proximité immédiate des maisons. On y trouve des espèces légumières et quelques arbres fruitiers;
- des **jardins familiaux** comprenant principalement des arbres fruitiers (baobabs, agrumes, manguiers, papayers, goyaviers, néverdiés, rôniers,...). Ces jardins bénéficient des déchets ménagers et des eaux usées. La vie sociale et familiale se déroule dans cette partie du village. On y trouve aussi les étables et les greniers;
- les **grands champs familiaux** exploités par les chefs de famille ou de quartier au bénéfice de la sécurité alimentaire et des ressources monétaires familiales;
- les **grands champs collectifs** dont la mise en exploitation est décidée par une autorité communautaire ou villageoise en vue d'assurer la sécurité alimentaire de la collectivité;
- les **grands champs collectifs** réalisés par des groupements d'hommes, de femmes, de jeunes, en fonction d'objectifs occasionnels qu'ils définissent entre eux. Les revenus de ces champs serviront à la réalisation de projets tels que la création d'un dispensaire, l'achat d'un équipement sportif, l'organisation d'une fête,…);
- les **grands champs individuels** mis en exploitation par des individus dans une optique commerciale;
- les **terres de l'État** occupées par les écoles et les autres services étatiques;
- les **terres communales** ou "communaux" dépendant de la structure administrative locale;
- les **bas-fonds aménagés** pour les **cultures de contre-saison**;
- les **pâturages de saisons pluvieuses**, situés en dehors des zones de culture;
- les **pâturages de saisons sèches.** Ils comprennent une partie des grands champs;
- les **zones boisées**;
- les **parcelles sacrées**.





Le village et son entrée

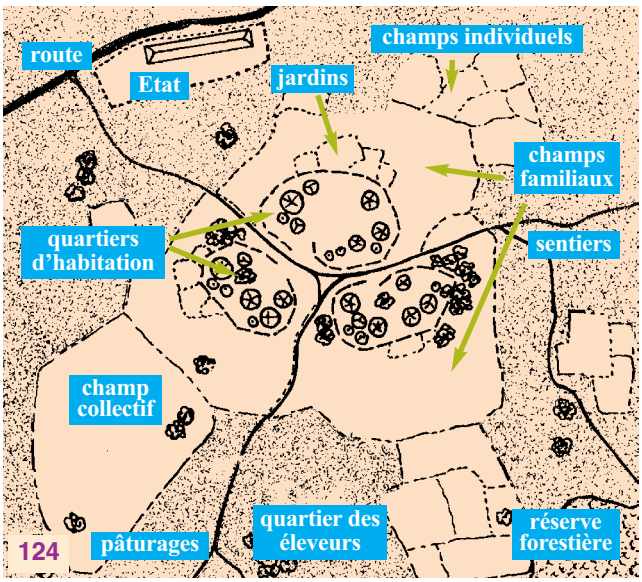


Zone des grands champs

Le **parcellaire est déterminé** en fonction de plusieurs éléments:

- les **limites des propriétés** familiales et communautaires. Elles restent stables et sont reconnues par les autorités villageoises;
- les **limites des parcelles cultivées** sont éventuellement variables. Les familles déterminent la superficie de ces parcelles en fonction de leurs objectifs saisonniers et de leurs moyens de travail;
- des **accords saisonniers** et temporaires peuvent être conclus entre les propriétaires et des cultivateurs n'appartenant pas à la communauté.

Ajoutons qu'entre les agriculteurs et les éleveurs s'établissent des **contrats de gestion du bétail**. Les agriculteurs propriétaires de bétail confient celui-ci à des éleveurs. Ceux-ci conduisent les troupeaux dans les zones pâturables, en dehors des terres cultivées, durant l'hivernage. Après les récoltes, ils les amènent dans la zone des grands champs.



Tous les éléments que nous avons décrits dans les lignes ci-dessus **s'entrecroisent**. Ils sont négociés en fonction des besoins des familles, des rapports entre les familles et les groupes sociaux existant au village, entre les communautés et l'État.

Voici, représenté sommairement, le parcellaire que nous venons de décrire (124).

Gestion traditionnelle des terroirs

Il est utile de connaître les principes traditionnels de la gestion des terroirs. Ils sont souvent dépassés par l'évolution économique et sociale des dernières décennies, mais ils sont également riches d'enseignement pour une gestion moderne des terroirs.

Au Sénégal, l'organisation des terroirs et les droits fonciers a fortement évolué depuis le temps colonial. Prenons l'exemple des anciens terroirs sérères. Ils étaient organisés de façon précise en tenant compte des éléments suivants:

- les **limites des terres communautaires** déterminées par des règles ancestrales d'appropriation de la terre et par les anciennes coutumes foncières régissant la gestion de l'espace. Tant que les terres étaient peu occupées, la définition des limites de terres claniques se faisait selon la coutume du "droit du sabot". Toute la terre encerclée au cours d'une journée de galop à cheval appartenait au cavalier et à son clan.
- les **droits familiaux** s'appliquant aux carrés d'habitation et aux terres de culture de chaque famille, dans les limites - reconnues par tous - des terres communautaires;
- le découpage en grandes **soles villageoises**, régi par les chefs des grandes familles en fonction de règles promulguées par les chefs de cultures. Des règles communautaires relatives aux activités agricoles et d'élevage des cultivateurs et des éleveurs étaient imposées par les autorités terriennes en vue d'une gestion contrôlée des soles. Ces règles avaient priorité sur toutes les formes de gestion individuelle, quitte à ce que des échanges de droits de culture saisonniers aient lieu entre les familles lorsque l'interdiction de cultiver une sole lésait l'une d'elles.
- l'**association entre l'élevage bovin et l'agriculture,** ou plutôt entre éleveurs et agriculteurs;
- la **présence des arbres** et l'application des règles les concernant.

Les **CHEFS DE CULTURE** sont des personnes notables désignées pour réguler les activités agricoles en fonction de critères généraux et de rites. Il s'agit généralement de personnes reconnues par la communauté, parfois élues, en fonction de leur grande expérience dans le domaine de l'écologie et de l'activité agricole.

Répartition des champs, rotation des cultures et assolement

D'une façon générale, le terroir traditionnel était divisé en cinq parties (**125**). Autour des maisons, on distinguait le *pombod*. Cette zone est ensemencée d'année en année en mil *sounia*, en sorgho et en haricot niébé, sans rotation caractéristique. Ceci est possible grâce aux déchets ménagers putrescibles et au fumier animal qui était importé par le bétail dans le *pombod* durant la saison sèche (**126** et **127**). On peut aussi y semer en mélange, derrière des clôtures, des légumes, des calebasses, du manioc, du coton, du gombo, pour les besoins familiaux.

Le *pombod* était une **zone de sécurité**. Tous les membres des familles y vivant devaient y travailler. Les grains récoltés étaient stockés par le chef de la communauté ou le chef de famille.

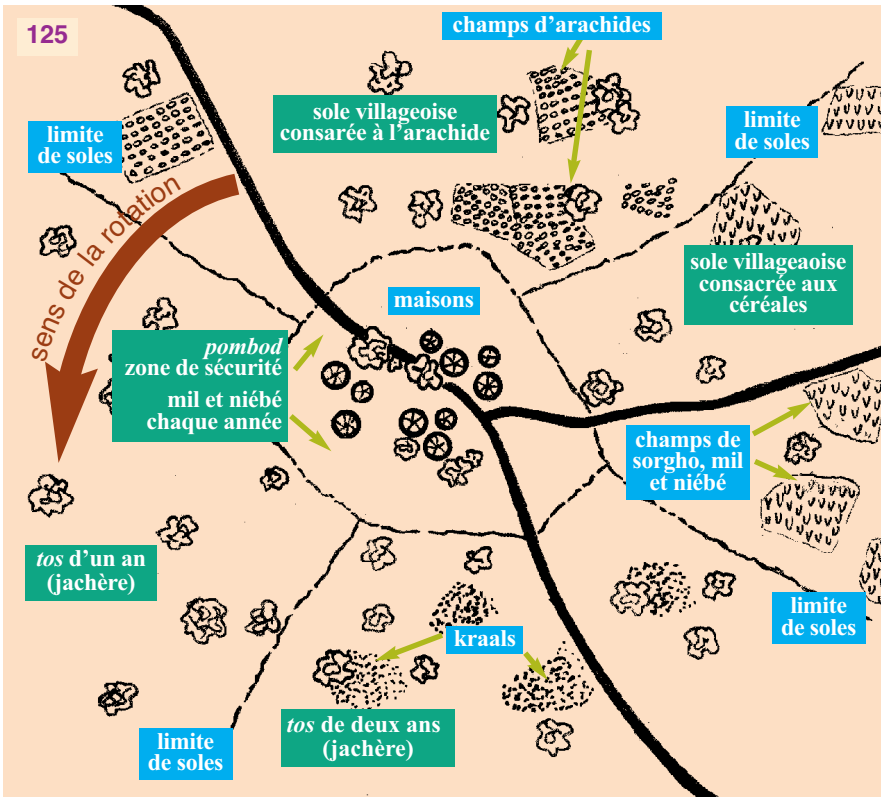
Dans le *pombod*, c'est l'**association de l'élevage à l'agriculture** qui permet de cultiver les céréales d'**une façon permanente**, et sans avoir recours à la jachère, le sol étant régulièrement engraissé par des fumiers et des déjections.

Au-delà et autour du *pombod*, on trouvait la zone des **grands champs** (**123**). Les familles et les chefs de ménage y disposent de droits de culture. La zone des grands champs est découpée en quatre soles, selon l'assolement villageois fixé par les chefs de cultures. Deux soles sont réservées à la jachère (on les appelle les *tos*). Une sole est réservée aux céréales telles que le sorgho *bassi*, le mil *sanio*. La quatrième sole est réservée à l'arachide, culture commerciale introduite sous la colonisation et réalisée en culture pure selon l'enseignement des services techniques. Ces différentes soles sont entourées de barrières d'épines pour éviter la circulation du bétail.



Zone du pombod





La **rotation** des cultures dans les grands champs traditionnels était la suivante: le mil ou le sorgho, ou une association de ces céréales et du niébé, ensuite l'arachide, puis une jachère de deux ans. Cette rotation est bien adaptée puisque les céréales qui sont semées en **tête de rotation** supportent bien un sol enrichi par la jachère et les excréments du bétail, alors que l'arachide préfère un sol nettoyé, moins riche en déchets organiques.

C'est aux notables de la communauté, **chefs de terre et chefs de cultures**, qu'il revenait de **décider du sens de la rotation** des cultures et des mises en jachère régénératives.

Dans les quatre grandes soles villageoises, les cultivateurs étaient libres d'exploiter leur terre comme ils l'entendaient, à **condition de respecter la règle collective**, en particulier celle qui imposait d'abandonner les terres à la jachère après deux saisons culturales.

Les décisions des autorités coutumières visaient donc à **préserver le capital fertilitaire des terres de la communauté**. Elles étaient assorties de rites respectés par l'ensemble de la population.

Ces explications montrent que **chaque terre avait** - et a encore souvent - **un statut** particulier qui se réfère:

- à la **propriété communautaire**,
- à la **propiété lignagère** (ou familiale) de l'homme ou de la femme,
- au **droit d'usage** dont disposent les grandes familles, les ménages ou les individus, que ces droits soient permanents ou non,
- aux **règles de culture** émanant des autorités terriennes coutumières ou étatiques,
- aux **échanges** et aux **dons** entre membres de la communauté.

Association de l'élevage bovin à l'agriculture

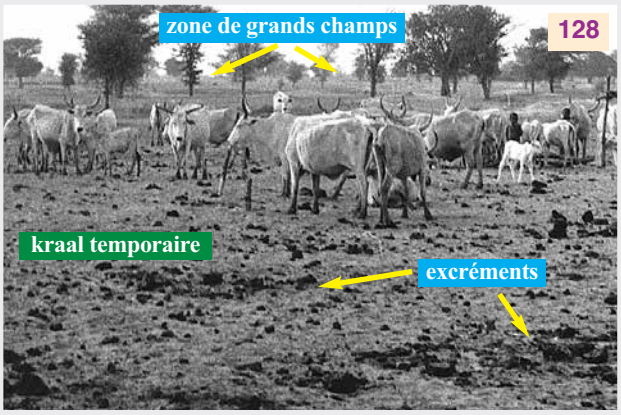
Posséder un troupeau important était une preuve de notabilité et de richesse chez les anciens sérères. Le troupeau assure prestige et sécurité. Il est indispensable pour fumer la terre, là où elle en a besoin.

Les agriculteurs propriétaires des bêtes les mettent à la garde de pasteurs peuhls. Durant l'hivernage, lorsque les champs sont en culture, le bétail est maintenu en kraals, dans les jachères, à distance des champs cultivés. Des clôtures d'épines ou d'euphorbes et des bergers limitent sa divagation. Cette habitude de fabriquer des clôtures pour limiter la divagation du bétail s'est perdue, faute de matériaux, suite à la disparition des arbres épineux.

Chacun ramène son troupeau le soir à l'endroit de la jachère qu'il compte cultiver l'année suivante. Les animaux sont mis au piquet, et les piquets sont déplacés au bout de quelques jours afin d'enrichir successivement plusieurs parcelles.

Celui qui a un troupeau important peut le prêter ou le louer à celui qui en manque, vu l'importance du fumier animal pour les cultures.

Après les récoltes, les champs sont dégagés, les pailles et les fanes sont emmenées au village et stockées. La saison sèche s'installe. Le bétail peut circuler partout pour s'y nourrir des pailles et des fanes restées sur les champs. Chaque nuit, les bêtes sont soit ramenées dans le *pombod* à proximité des habitations, soit mises au piquet dans des portions de grands champs qui bénéficieront de la fumure animale (**128**).



En saison sèche, le kraal est établi durant un certain temps sur des portions de grands champs afin de les fertiliser.

Au plus fort de la saison sèche, les fourrages se font rares. C'est alors que les feuilles bien vertes et les gousses de l'*Acacia albida* (kad) sont utilisées comme fourrages d'appoint. Grâce à cet arbre, une partie du bétail peut rester à proximité du village durant la saison sèche plutôt que de transhumer vers des zones plus humides et vertes.

Contexte bocager

Traditionnellement, plusieurs types d'arbres sont disséminés sur le terroir. Chaque espèce a son utilité: fruits, légumes, fourrages, fibres, médicaments, outillage, etc. On trouve par exemple le baobab, des acacias, le palmier rônier, le néré, le tamarinier, le manguier, l'indigotier, le micocoulier. L'*Acacia albida* est une espèce privilégiée. La coupe de ces arbres est réglementée, compte tenu de leur importance pour l'économie des familles, la qualité des sols et l'écologie.

Dans ce **BOCAGE**, les cultures de mil, d'arachide, de sorgho, se succèdent, mais les éléments permanents sont nombreux, diversifiés et multiétagés (**129**). Ils sont à considérer comme participant à part entière à la production agricole. Des règlements coutumiers s'appliquent aux arbres afin de les préserver contre des abattages intempestifs ou une exploitation prématurée des fruits. Ces règlement sont souvent liés aux religions de terroirs.



Les nombreuses espèces d'arbres présentes dans le bocage sérère participent durant toute l'année à la production agricole.

Parcellaires dans un paysannat

Certains États ont pu organiser les familles rurales dans le cadre de **PAYSANNATS**. Il s'agit de regrouper les familles dans une zone accessible aux routes et aux adductions d'eau. On peut ainsi y organiser facilement des services de santé, d'éducation, de commerce, etc. Voici par exemple le plan d'un tel paysannat établi au Burundi (**130**).

Les habitations sont situées en bordure de routes tracées spécialement pour l'organisation du paysannat. Chaque fermier a obtenu une longue bande de terrain disposée de part et d'autre de la route et perpendiculairement à celle-ci. Les bandes de terre de chaque ferme descendent jusqu'au ruisseau coulant en contrebas. Chaque fermier dispose donc de parcelles de plateau, de pente et de bas-fonds.

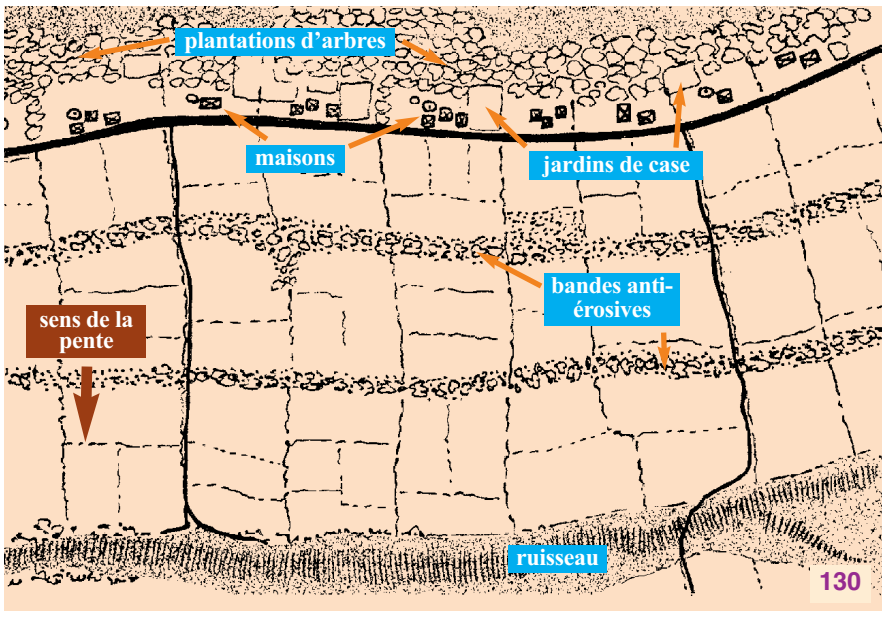
Au moment de l'aménagement du parcellaire, deux longues bandes d'herbes fourragères antiérosives ont été semées entre la route et le marigot, afin de lutter contre l'érosion. Elles traversent toutes les exploitations, sans discontinuité. Personne n'a le droit de les détruire. On peut les faucher pour disposer de fourrage, mais il est obligatoire de les entretenir.

Chaque fermier a le droit d'utiliser sa propre bande de terre comme il l'entend et d'y réaliser son plan de culture.

En parcourant l'une des bandes de terre de haut en bas, nous rencontrons donc d'abord les plantations pérennes (caféiers et arbres fruitiers), les jardins de légumes à côté des habitations, la route, puis des parcelles de cultures saisonnières séparées par endroits par les bandes d'herbes; enfin, le ruisseau, que certains fermiers ont aménagé pour y cultiver des légumes à commercialiser.

Sur ce terroir, le parcellaire est définitivement fixé et cadastré. Un contrat lie l'exploitant à l'État. Il ne peut vendre ou distribuer ses terres par morceaux. Cette règle permet d'éviter le morcellement des terres.

L'organisation de ce paysannat est différente de celle qu'on trouvait traditionnellement dans la région. Elle consistait à construire les habitations familiales au milieu des terres de culture. La photo aérienne **132** montre cette dissémination. Cela évite aux familles de longs transports des produits de consommation familiale et leur permet de mieux surveiller les cultures. Mais il est difficile, sinon impossible, de mettre certaines infrastructures en place, telles que par exemple les adductions d'eau.



131 Situations traditionnelles et nouvelles dans la gestion des ressources de terroirs

Gestion traditionnelle	Situations actuelles
Que peut-on faire?	
Faible densité de population et larges disponibilités en terre. Abondante végétation et fanes naturelles.	Accroissement démographique. Plus forte occupation de la terre. Destruction de la végétation naturelle.
➠ *rétablissement de règles régissant l'exploitation des brousses et du bois* ➠ *création de plantations agroforestières destinées à produire du bois* ➠ *augmentation des rendements agricoles* ➠ *renforcement de la biodiversité au sein d'exploitations polyculturales.*	
Equilibres contrôlés par l'autorité foncière entre les terres de pâturage et les terres cultivées. Gestion organisée du troupeau et des fumiers animaux.	Affaiblissement ou disparition de l'autorité foncière locale. Gestion plus centralisée des terres par l'État. Refoulement des troupeaux à distance des villages et exploitation plus intensive et destructive des brousses environnantes.
➠ *établissement des règles régissant les parcours du bétail* ➠ *création de comités ou autorités locales de gestion des ressources agro-pastorales* ➠ *développement de la production fourragère*	
Agriculture visant principalement l'autosubsistance familiale en utilisant les seules ressources disponibles sur le terroir. Autonomie du système de production.	Part croissante de l'agriculture commerciale exigeant l'utilisation de facteurs de production achetés. Dépendance du système de production par rapport au crédit et aux marchés extérieurs.
➠ *gestion améliorée des ressources propres du terroir (fumiers, déchets végétaux, pesticides naturels locaux,...)* ➠ *rééquilibrage des activités agricoles d'autosuffisance locale et nationale par rapport aux activités d'exportation* ➠ *limitation de l'usage des facteurs de production achetés au minimum nécessaire* ➠ *recentrage des modes de consommation vers des productions régionales*	

suite →

131 (suite)

Utilisation des éléments fertilitaires naturels issus des jachères et de l'élevage.	Utilisation d'éléments fertilitaires artificiels. Disparition des jachères et refoulement des troupeaux vers l'extérieur des terres villageoises.

➠ *accentuation de la production de fertilisants naturels: renforcement des cultures fourragères, de la plantation d'arbres et d'espèces fertilitaires, de la pratique des jachères enrichies en espèces fertilisantes, cultures d'engrais verts.*

Droit foncier fondé sur les exigences et les besoins communautaires. Cession de droits d'usage de la terre, sous condition du respect de la propriété collective.	Évolution individualiste des droits fonciers et appropriation de terres par des groupes sociaux non originaires des villages. Mise en vente de terres communautaires.

➠ *sécurisation des terres communautaires*

➠ *sécurisation des droits d'usage familiaux et individuels*

➠ *mise en place de "baux à ferme" de longue durée.*

Gestion familiale ou communautaire de la main-d'œuvre	Gestion individualiste du travail

➠ *mise en place de codes réglementant le travail de la main-d'œuvre agricole*

➠ *nouvelles règles régissant les rapports entre hommes et femmes dans les exploitations familiales*

Prescriptions contraignantes concernant l'exploitation du bois dans les brousses. Marché relativement réduit du bois de chauffage.	Exploitation anarchique du bois, faute de contrôle local. Explosion des marchés du bois et du charbon de bois.

➠ *nouvelles sources d'énergie permettant de diminuer la consommation de bois en ville*

➠ *rétablissement de contrôles locaux sur les brousses aux alentours des villages.*

L'utilisation d'outils manuels limitait l'extension des superficies cultivées en fonction de la main-d'œuvre disponible. Il n'existait pas de labours profonds. Le travail manuel respectait les arbres considérés comme utiles.	Les outils mécaniques ont permis d'accroître les superficies cultivées par la main-d'œuvre et de labourer plus profondément. La mécanisation s'est imposée au détriment des arbres.

➠ *réorganisation des parcs arborés afin de faciliter le travail des machines*

➠ *invention de nouveaux types de mécanisation adaptés aux polycultures multiétagées.*

Parcellaires dans les régimes de propriété privée

Dans ce paysage, nous pouvons observer la présence d'une population dense et un habitat disséminé (**132**). C'est une zone du Rwanda dans laquelle toutes les règles foncières coutumières ont disparu. Les parcelles de terre sont pour la plupart des propriétés privées appartenant à un grand nombre de propriétaires. Chaque personne, chaque société, peut acheter et vendre des terres moyennant leur enregistrement aux services du cadastre. Elle peut aussi les morceler lors des ventes ou lors des héritages.

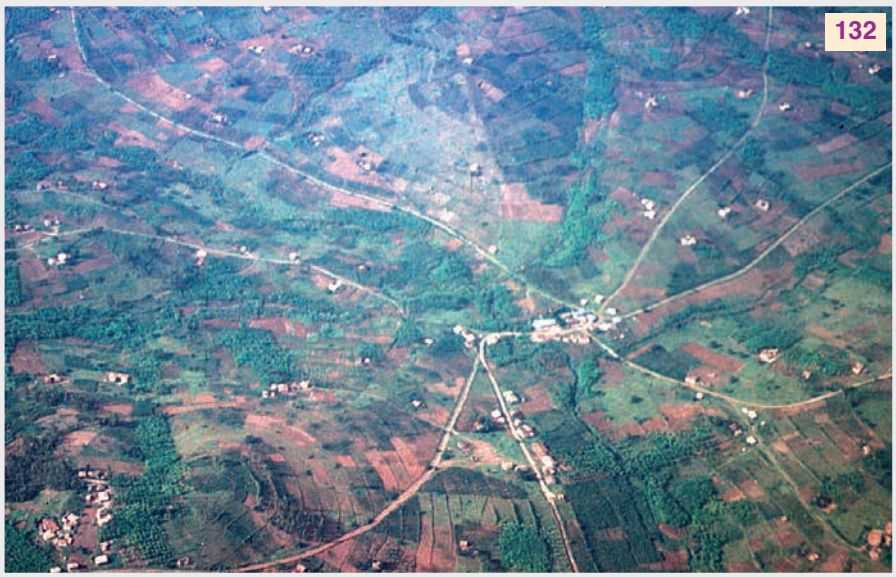
L'**avantage** de ce type de régime foncier est que les propriétaires ont la possibilité d'entretenir et d'aménager leurs terres à leur guise.

Mais il y a des **inconvénients**. Les superficies disponibles pour les familles sont **régulièrement morcelées** en parcelles de plus en plus petites, lors des héritages. Les superficies laissées aux héritiers sont parfois tellement réduites qu'elles ne suffisent plus à faire vivre une famille.

Il est aussi **difficile de réaliser des travaux d'intérêt collectif** bénéficiant à l'ensemble des terres privées. Par exemple, s'il est nécessaire de procéder à des aménagements fonciers en vue de la lutte contre l'érosion, il est long et difficile d'obtenir les accords individuels de tous les propriétaires. Les ayants droit sont souvent attachés à leurs terres et de fréquents litiges de voisinages rendent les négociations pour les remembrements très difficiles.

Les difficultés très fréquentes des négociations foncières ont amené la plupart des États à promulguer des codes fonciers consacrant leur primauté sur la propriété des terres en affirmant que la terre appartient à l'État.

Le tableau **131** analyse succinctement l'évolution des contextes agraires au cours des dernières décennies. Il est un outil de travail qui permet de poser des questions relatives à des terroirs précis, et d'envisager des actions.



Les familles s'installent souvent au cœur des terres qu'elles cultivent. Cela facilite la surveillance des exploitations et évite la multiplication des transports entre les champs et les habitations.

Comment sont organisés nos terroirs? Quelles en sont les différentes parties et fonctions? Quelles sont les dimensions des terres attribuées aux familles? Les terres sont-elles morcelées? Comment l'élevage est-il associé aux cultures? Où sont les champs, par rapport aux habitations?

Notes



Chapitre 11
Les droits fonciers

Les **DROITS FONCIERS** sont les droits attachés à la terre, à son occupation, à sa propriété, à son usage. Ils reflètent l'histoire des peuples vivant dans une région et de leurs États. Ils sont le produit des **relations complexes** qui se sont établies:

- entre les **familles**, les lignages, les ethnies,
- entre les **groupes socio-professionnels**: agriculteurs, éleveurs, pêcheurs, et d'autres,
- entre les **groupes sédentaires** et **transhumants**,
- entre les **chefferies terriennes** et **politiques**,
- entre les **autorités** et ces **différents groupes**,
- entre les **responsables coutumiers** et les **autorités étatiques**.

Propriété et usage de la terre

Droits de propriété

▲ La propriété peut être **communautaire**. Tous les membres appartenant à la communauté ont le droit imprescriptible d'utiliser une partie de la terre communautaire, en fonction de leurs besoins.

Traditionnellement, la propriété communautaire est **lignagère**. Elle se transmet donc de façon **matrilinéaire** (par les femmes) ou **patrilinéaire** (par les hommes).

▲ La propriété est **privée** quand elle ne dépend plus d'un contexte communautaire et des coutumes locales. Elle est reconnue par un **titre foncier écrit**. La propriété privée est détenue par une personne physique ou une personne morale. Une **personne physique** est un être humain physiquement identifiable. Une **personne morale** est une société, une association, un groupement, ou, de façon générale, une institution regroupant plusieurs personnes physiques dans le cadre d'un **STATUT** juridique reconnu par l'État. Cette propriété privée peut être vendue, découpée, aménagée, plantée d'arbres, selon la volonté des propriétaires, sauf en cas de servitudes imposées légalement.

▲ La propriété **collective** est détenue par une institution: l'État, une commune, une collectivité. Les droits relatifs à ce type de propriété sont établis et enregistrés par l'État. En général, ils sont écrits.

▲ La **concession** est un contrat liant d'une part l'État, d'autre part un individu, une société ou une collectivité. Le contrat de concession soustrait la terre concédée à l'autorité coutumière ou étatique pour une longue période (30, 50, 100 ans...) mais l'attribution n'est pas définitive, l'État lui-même reste propriétaire.

Droits d'usage

▼ Dans les **terres communautaires**, les membres de la communauté ont le droit d'exploiter la terre dans les limites de leurs moyens et en fonction des besoins de leur famille. Le droit d'usage de terres communautaires est **temporaire**, **semi-permanent** ou **permanent**. Il est éventuellement transmissible aux héritiers à condition que cette transmission ne mette pas en cause le caractère communautaire de la propriété et que l'héritier poursuive l'exploitation de la terre. Sans quoi, elle sera réattribuée à quelqu'un d'autre.

Le droit d'usage des terres communautaires s'applique à des ménages, à des individus, à des groupes d'individus désirant réaliser une activité agricole.

▼ Des **droits d'usage individuel** peuvent être détenus par des cultivateurs ou des éleveurs sur des terres communautaires ou collectives, ou sur certaines propriétés privées. Les détenteurs de droits d'usage respectent des **règles** telles que:

- ✔ les **DONS** traditionnels en nature au propriétaire. Par un don, souvent minime (une gerbe de céréales, un poulet,…), l'usager reconnaît les droits du propriétaire sur la terre utilisée;
- ✔ la location en espèces ou **FERMAGE**. L'usager paye un loyer en argent au propriétaire;
- ✔ le **MÉTAYAGE**. Il consiste à répartir la production physique des champs entre propriétaire et usager, selon des parts établies conventionnellement.

- Les **DROITS DE PARCOURS** permettent à des éleveurs de faire paître leur bétail sur les terres communautaires, collectives ou privées.

  Le droit de **VAINE PÂTURE** s'applique aux éleveurs de troupeaux. La communauté ou la collectivité propriétaire de la terre reconnaît aux éleveurs le droit d'amener leurs troupeaux dans les champs provisoirement délaissés par les cultures (en saison sèche, par exemple).

- Le droit de **GLANAGE** est comparable au précédent. Il permet à toute personne dans le besoin de prendre dans les champs les résidus qui y sont restés après la récolte.

Les grands types de droits que nous venons de décrire existent partout en Afrique et dans le monde. Mais chaque ethnie dispose par ailleurs de ses propres concepts fonciers, assortis de multiples règles d'organisation sociale ou de principes religieux.

Droits fonciers coutumiers

Quelques caractéristiques communes

Les droits fonciers coutumiers se réfèrent aux **traditions sociales et politiques** des peuples. Ils se sont constitués de génération en génération autour de compromis successifs entre communautés vivant sur un même territoire. Ils diffèrent d'une communauté à l'autre, mais il existe des traits communs. Chaque groupe ethnique a construit ses propres règles et coutumes pour la gestion des terroirs, les règles foncières et la gestion des conflits. Certaines règles se superposent, d'autres sont contradictoires. Relevons ici quelques aspects qu'on retrouve communément dans les coutumes foncières d'Afrique noire.

- **La terre est le bien commun d'un lignage** (grande famille) en vertu d'une appropriation ancestrale. Les lignages s'apparentent dans le cadre de **clans** au sein desquels les familles se reconnaissent comme faisant partie du même grand groupe socio-culturel.
- **Chaque membre** de la communauté lignagère possède un **droit imprescriptible de cultiver** une parcelle de terre du lignage. La superficie est en rapport avec la dimension de sa famille restreinte - mari, femme(s), enfants - et de sa capacité de travail.
- Le **chef des terres** lignagères détient l'autorité nécessaire pour **faire respecter les droits et les devoirs de chacun**. Il est parfois assisté par un **chef de culture** dont le rôle est de fixer les calendriers culturaux, de réaliser ou contrôler les rites coutumiers et d'orienter les travaux culturaux.
- Les terres villageoises sont souvent réparties en **quartiers** occupés par les membres d'une même famille élargie et ses dépendants. Pour régler les rapports entre les quartiers et les familles d'un même village, un **comité de notables** représente l'autorité terrienne. Il fixe certaines règles de gestion de la terre: mise en jachère, mise à feu, préservation de certains arbres, etc. Il arbitre les conflits éventuels relatifs aux droits fonciers.
- Le droit d'usage de la terre peut être **permanent**, **semi-permanent** ou **saisonnier**. Il est par exemple permanent si la famille obtient le droit de construire une maison ou d'établir une plantation d'arbres. Il est semi-permanent s'il est accordé à une famille pour autant qu'elle cultive, mais disparaît lorsqu'elle arrête de cultiver. Il est saisonnier lorsqu'il est accordé pour la seule durée d'un cycle cultural (du semis à la récolte).
- En principe, les droits traditionnels de propriété ou d'usage **ne peuvent être monnayés** ni par le chef de terre, ni par les usagers qui en dépendent. En pratique, les monnayages par les chefs de terres sont de plus en plus fréquents et parfois frauduleux.
- Une **personne étrangère** à la communauté détentrice des droits fonciers peut cultiver certaines parcelles à condition de marquer son **allégeance à l'autorité terrienne**. Elle reconnaît cette allégeance au moyen de dons limités et conventionnels: gerbes, poulets, etc.
- Le **travail détermine la propriété** des récoltes ou des aménagements. Un "étranger" accepté par le chef de terre garde donc le droit d'usage au moins jusqu'à l'achèvement du cycle cultural qu'il a entrepris. Il ne pourra entreprendre de nouveau cycle cultural que s'il obtient une nouvelle autorisation, assortie logiquement d'un don. S'il obtient l'autorisation pour la durée d'une campagne agricole, il ne pourra entreprendre **aucuns travaux dont les résultats seraient exploitables par lui au cours des campagnes suivantes.**
- **L'arbre appartient à celui qui l'a planté.** C'est pourquoi, bien souvent, **l'étranger ne peut planter d'arbres**, car ceux-ci lui permettraient de s'installer en permanence sur la terre dont il n'a obtenu qu'un usage temporaire. L'arbre qui pousse spontanément sur une terre appartient au propriétaire. Celui qui est planté appartient à la personne qui a travaillé pour le planter.

Il en résulte que sur les terres mises en culture par des personnes ne disposant pas du droit de propriété, **l'arborisation dépend uniquement du hasard** des germinations et des croissances spontanées.

Ce principe joue parfois au sein des ménages. Si une femme habite sur les terres du lignage de son mari et qu'elle appartient à un autre lignage, il se peut qu'elle soit empêchée de planter des arbres fruitiers, des baobabs, des palmiers, etc.

- Quand il existe du **bétail**, les règles relatives à sa gestion sont établies autour de celles qui régissent les sols. Les contrats de vache, par exemple, règlent les modalités de la garde et des déplacements du bétail entre les agriculteurs et les éleveurs, en particulier durant les périodes où les champs ne sont pas sous culture. Les **règles de parcours** régissent les transhumances du bétail.
- Lorsqu'il existe des rivières ou des mares, des **règles relatives à la pêche** s'ajoutent à celles qui concernent l'agriculture et l'élevage. Il s'agit par exemple des terres périodiquement inondables. Ces terres peuvent intéresser les éleveurs qui y trouvent une végétation fourragère, les agriculteurs qui veulent réaliser des cultures de décrue, et les pêcheurs qui savent que la reproduction du poisson se fait précisément dans ces zones inondables et qui n'apprécient pas l'occupation des zones de fraie du poisson, par les agriculteurs et les éleveurs (**133** et **134**).

L'approche que nous venons de faire des aspects les plus courants des droits coutumiers est schématique. Elle ne donne qu'une idée limitée des situations multiples. Mais elle constitue un outil d'analyse.

Si les règles coutumières sont encore relativement respectées dans les campagnes, elles ont par contre été mises à mal dans toutes les régions où la densité de population s'est fortement accrue du fait de l'urbanisation ou des migrations, où le peuplement s'est diversifié, et où l'activité économique s'est transformée sous l'influence des villes et du commerce.

Les modes de gestion traditionnelle des terres étaient fondés sur un ensemble d'équilibres sociaux, politiques et écologiques. Le maintien de ces équilibres était **fondé sur la confiance** inspirée par les chefs de terres. Lorsque l'État colonial, puis l'État indépendant, ont décidé de prendre en main la gestion des terroirs en annonçant que "la terre appartient à l'État", les anciens rapports de confiance ont été mis à mal. La **méfiance s'est accrue** lorsque les États ont privatisé des terres au détriment des communautés locales, en faisant peu état des droits coutumiers et en n'expliquant qu'insuffisamment le sens et les règles des codes fonciers étatiques.

133



134





La richesse en poissons de cette mare du Tchad (au-dessus) est liée aux inondations de la bourgoutière. C'est en effet dans celle-ci que les poissons se reproduisent lorsqu'elle est inondée. Les jeunes poissons se nourrissent à ce moment des déjections laissées par le bétail au cours des saisons sèches.

Des conceptions différentes ou contradictoires du droit foncier

Aujourd'hui, les **enjeux fonciers** sont de plus en plus importants. Ils se manifestent de plusieurs façons:

- la population a augmenté. Les besoins en terres de culture sont accrus. **Plus de familles demandent** de la place pour cultiver;
- les **migrations** se sont accentuées. Après avoir quitté leurs propres villages, des nouveaux arrivants sollicitent de la terre dans les zones d'immigration;
- des projets étatiques ou privés ont tendance à se faire attribuer des vastes **domaines fonciers** en

vue d'y réaliser des grandes cultures industrielles et commerciales, ou simplement de spéculer pour l'avenir. Ces attributions se font rarement sans mal, puisque les ayants droit coutumiers, pour leur part, se sentent souvent dépossédés;

- ▲ des particuliers ou des sociétés achètent des terres dans des **optiques spéculatives**. Ils espèrent que les fonds investis pour l'achat ou l'enregistrement de terres à leur nom seront valorisés au cours du temps en tant qu'investissement financier. Cette optique spéculative est courante autour des villes;
- ▲ des chefs de terres abusent aussi de leur autorité, pour **monnayer** des droits fonciers sur les terres dont ils avaient la charge au titre de leur communauté;
- ▲ les États sont amenés à **exproprier** des terres en vue de la réalisation d'infrastructures publiques ou de réaffectation à d'autres fonctions.

Évolution de la gestion foncière

En milieu rural, les terroirs étaient régis par des **ensembles structurés de règles** foncières, de règles d'exploitation ou de protection environnementale, **négociées au sein des communautés et soutenues par des religions de terroirs.**

L'imposition coloniale, les exigences étatiques en matière de culture de rente, la monétarisation de l'économie, l'accroissement démographique, l'augmentation des troupeaux, les migrations, l'affaiblissement des autorités politiques et foncières traditionnelles, la mise en place de règles étatiques, ont entraîné des transformations, et souvent des dégradations, dans les modes de gestion des terroirs:

- ⇨ **densification** de l'occupation humaine,
- ⇨ **individualisation de la propriété** terrienne,
- ⇨ **vénalisation de la propriété foncière** (des terres sont vendues contre paiement en argent),
- ⇨ renforcement des **cultures commerciales** et **dépendance accrue** vis-à-vis des facteurs de production achetés (engrais, pesticides, semences),
- ⇨ **mécanisation** des cultures avec ses conséquences sur la **disparition des arbres** et sur l'**agrandissement des superficies** de certaines familles au détriment d'autres, moins bien équipées,
- ⇨ **disparition du couvert arboré** au nom de la modernisation agricole - en particulier de la mécanisation des cultures - et surtout à cause de la surexploitation du bois,
- ⇨ **réduction** des surfaces et de la durée **des jachères**,
- ⇨ **refoulement du bétail** dans des brousses loin des exploitations, et destruction de ces brousses par les feux intempestifs et le surpâturage,
- ⇨ **monétarisation du fumier** animal et des fourrages traditionnels,
- ⇨ **déresponsabilisation des autorités coutumières** locales, **emprise accrue de services administratifs centralisés** dans les chefs-lieux, n'ayant pas de connaissances approfondies en matière d'agriculture, d'élevage et d'écologie,
- ⇨ **disparition des religions de terroirs** et des rites religieux qui régulaient en partie la gestion des terres.

La plupart de ces transformations sont défavorables à l'agriculture, à l'élevage et à l'environnement. Elles amènent des destructions telles que celles que nous avons rencontrées plus haut.

Les conséquences de ces évolutions sont les suivantes:

- ✜ **Pertes des savoirs** et de la connaissance dans le domaine de la gestion traditionnelle des terroirs. La transmission de ces savoirs entre générations se fait de plus en plus mal. L'éducation et la formation technique portées par les institutions d'enseignement sont assez mal adaptées et manquent souvent d'utilité pratique pour les jeunes désireux de vivre en milieu rural.
- ✜ **Exode rural**. Faute de trouver leur place au village, les jeunes garçons et filles émigrent et perdent tout intérêt pour l'agriculture et la gestion des terres. Les exploitations agricoles familiales manquent de main-d'œuvre. L'exode se manifeste jusqu'aux frontières des pays d'Europe où, faute de perspectives économiques et sociales, de nombreux jeunes tentent de se rendre.
- ✜ Augmentation du nombre de **paysans sans terres**.

Contradictions et blocages

L'analyse détaillée des droits fonciers révèle parfois des blocages importants. En voici quelques-uns.

A l'époque, les puissances coloniales ont tenté d'imposer des règles foncières leur permettant de soustraire des terres et des domaines fonciers à l'emprise des chefs coutumiers. Leurs lois et leurs modes d'administration ont été superposés avec plus ou moins de force aux règles coutumières, souvent complexes. Inscrites dans des codes légaux, les règles imposées le plus souvent sans concertation se sont montrées complémentaires, parfois, mais contradictoires le plus souvent.

Codes et concepts issus de la colonisation

Les codes

Le droit foncier étatique a été formulé et s'est imposé sous la forme de codes écrits: **CODES FONCIERS**, **CODES FORESTIERS**, **CODES DE L'ENVIRONNEMENT**, etc.

Le but principal des réformes foncières réalisées par les États est de **stabiliser les droits fonciers privés et collectifs**. La plupart des codes étatiques écrits affirment que **"la terre appartient à l'État"**. C'est donc à l'État que les réformes attribuent le droit de céder la propriété et l'usage d'une terre à une personne physique, à une collectivité, à une institution, ou à ses propres projets. Cette affirmation réformatrice n'a pas toujours été comprise ni acceptée par les autorités coutumières qui s'estimaient seules détentrices des droits terriens. Des compromis sont donc nécessaires entre les deux types d'autorités.

Les buts et les **principes des codes fonciers étatiques** sont:

- ▲ de permettre à toute personne nationale de **vivre là où elle l'entend**, dans tout le pays, et de pouvoir y exercer une activité agricole;
- ▲ de permettre à l'État **de prélever,** dans le patrimoine des communautés, **les terres** dont il a besoin, et de **les extraire de la gestion coutumière** pour ses infrastructures, ses projets, ses remembrements, ses réattributions de terres;
- ▲ d'**approprier** au nom de l'État les **"terres vacantes"** sur lesquelles ne s'exerce aucun droit coutumier;
- ▲ de **concéder** ou de céder des terres à des propriétaires et des entreprises privées;
- ▲ de fixer des règles relatives à la **gestion des ressources de terroir**, en particulier de certaines espèces végétales ou animales, des ressources hydrauliques ou minières, etc. (régulation des coupes d'arbres, interdiction d'exploiter certaines espèces, compte tenu de leur rareté, taxations);
- ▲ de mettre en œuvre des **projets d'aménagements** collectifs dépassant le cadre des exploitations familiales individuelles (grandes rizières, paysannats);
- ▲ de mettre des terres en **réserve**, pour des raisons environnementales (réserves forestières, parcs naturels);
- ▲ de **simplifier** et d'**homogénéiser** les règles foncières afin de permettre leur application à l'ensemble du territoire national et de sa population, en particulier eu égard aux migrations de populations;
- ▲ d'établir les **règles d'enregistrement** de la propriété terrienne (cadastre) et les **juridictions** chargées de les faire respecter.

L'autorité étatique ayant dû imposer ses vues, elle a aussi dû trouver avec les autorités coutumières les modalités de cohabitation. Celle-ci ne se fait pas toujours sans frictions, compte tenu de concepts et de perceptions politiques différentes.

Le cadastrage

Le **CADASTRE**, tenu par l'autorité administrative d'une zone, d'un village, d'un quartier, est le **registre écrit** des propriétés foncières. Il comprend:

- ✎ un **plan général** du parcellaire de la zone concernée,
- ✎ une **fiche relative à la propriété** de chaque parcelle.

Le cadastre enregistre de façon indéniable l'existence des **TITRES FONCIERS**. Ce sont les documents détenus par les propriétaires d'une part, l'administration d'autre part, pour attester des caractéristiques générales et de la légalité de leur propriété.

Pour **réaliser le cadastrage**:

- ✎ on va **fixer** sur le terrain les limites exactes des parcelles, par un **BORNAGE**. Traditionnellement, le bornage se faisait au moyen d'arbres de certaines espèces coutumières. Aujourd'hui, il se fait au moyen de bornes en béton. Les bornes sont placées à chacun des coins de la parcelle;
- ✎ on va **mesurer** les parcelles et établir un plan;
- ✎ on va **vérifier les servitudes** existant sur les parcelles. La **SERVITUDE** est une obligation asservissant le propriétaire sur sa parcelle: servitude de passage des hommes ou des troupeaux, servitude d'égouttage des eaux de ruissellement venant de parcelles voisines, etc.;
- ✎ on va ensuite **enregistrer** les titres fonciers, assortis des servitudes correspondantes, dans les archives cadastrales qui sont tenues par les collectivités locales, les communes, ou dans les administrations territoriales.

La plupart des zones rurales ne possèdent pas de cadastre. Elles sont régies soit par des règles coutumières de reconnaissance des droits de propriété, d'usage et de parcours, soit par des règles fixées par l'État.

Le bail

Le **BAIL** est un contrat qui lie un propriétaire de terre à un usager. Il fixe les conditions à remplir par chacun. Le bail est **implicite** lorsque l'accord, non écrit, se réfère simplement à la coutume ou à une convention orale. Il est **explicite** lorsqu'il est établi par écrit et signé par les deux parties.

L'intérêt d'un contrat de bail est qu'il fixe l'usage de la terre **pour une durée déterminée**. Il permet à l'usager de prendre les dispositions utiles à son exploitation pour cette durée. Par exemple:

- ❏ Le propriétaire cède à l'usager le droit de cultiver une terre **tant qu'il respecte les conditions** acceptées de part et d'autre. Par exemple, une parcelle rizière est attribuée à condition que le cultivateur en poursuive l'exploitation et respecte les règles relatives à l'utilisation de l'eau et des intrants.
- ❏ Un propriétaire loue sa terre à un exploitant qui souhaite planter des arbres fruitiers. Dans ce cas, le planteur va souhaiter que la durée du bail soit longue (15, 20 ans), afin qu'il puisse **profiter des fruits** de son investissement.

Le **BAIL EMPHYTÉOTIQUE** est un bail à très long terme, soit 30, 50 ou même 100 ans. Le propriétaire garde la propriété du bien foncier, mais l'usager et ses descendants pourront poursuivre l'exploitation durant toute la période du bail. L'usager pourra même y construire. Il est convenu qu'au bout de la longue période d'occupation, l'ensemble des biens ou des aménagements construits sur les parcelles cédées reviendra au propriétaire.

En fait, quand l'État déclare que toute la terre de son territoire lui appartient, il s'inspire de cette conception du bail, sans toutefois s'engager sur une durée d'usage déterminée, ni sur des règles de résiliation.

Évolution des droits fonciers et conflits

La transformation des économies agraires sous l'influence du commerce, de l'urbanisation, des migrations généralisées, de la destruction de l'environnement, a modifié les pratiques foncières dans les zones rurales. De plus en plus, les droits fonciers ont été monnayés en contradiction avec les coutumes ou les codes étatiques. On note des évolutions respectivement positives et négatives.

Évolutions positives

Des **évolutions positives** du droit foncier sont possibles dans certaines conditions:

- ▲ lorsque les autorités coutumières et les services de l'État **se concertent** pour toutes les attributions foncières, dans des cadres institutionnels bien définis (communes ou collectivités rurales, par exemple);
- ▲ lorsque l'État négocie la reprise des droits coutumiers en veillant à ce que les familles dessaisies puissent se **reclasser dignement** et poursuivre leurs activités agricoles dans d'autres lieux. Le reclassement des populations déplacées doit être attentivement négocié avec les communautés d'accueil;
- ▲ lorsque le dessaisissement de terres familiales se fait dans le cadre de projets d'**intérêt général** (améliorations foncières pour la lutte contre le ruissellement, aménagement de bas-fonds) plutôt que d'intérêt privé;
- ▲ lorsque les collectivités locales, les groupements socio-professionnels, les associations concernées, sont **associés** à la gestion foncière et peuvent faire entendre leur voix auprès des services étatiques;
- ▲ lorsque les négociations relatives aux droits fonciers se font dans une optique tenant compte d'un ensemble d'aspects: **renforcement des règles de gestion écologiques et économiques**, emplois agricoles, en particulier pour les jeunes, amélioration des situations sociales et sanitaires, etc.

Les droits fonciers ont été construits par les générations anciennes sans trop d'exclusions sociales et par des compromis successifs. Une modernisation équitable des droits fonciers est celle qui respecte cette tradition au bénéfice des familles paysannes. Ce n'est malheureusement pas toujours le cas.

La sécurité des familles exploitant la terre est assurée lorsque les autorités terriennes, quelles qu'elles soient, sont attentives à leur **rôle**:

- ➥ elles veillent à n**e pas laisser les habitants**, jeunes ou vieux, **sans terre** à cultiver, lorsqu'ils le demandent,
- ➥ dans l'intérêt de la communauté, elles veillent à **faire respecter les règles qui empêchent le milieu vivant et le milieu non vivant de se dégrader**. En particulier, elles fixent les règles concernant le feu, la préservation des arbres, la lutte contre l'érosion, etc.,
- ➥ elles règlent la **façon dont cohabitent** sans conflits les agriculteurs, les éleveurs et les pêcheurs, selon leurs intérêts respectifs.

Une autorité de la terre efficace est celle qui arrive à discuter, avec tous les ayants droit, des règles et des plans d'utilisation, de défense et d'amélioration du sol.

Risques de conflits

Dans certaines régions où le peuplement humain est assez homogène, les règles foncières sont reconnues par tous et appliquées par l'autorité coutumière sans trop de heurts.

Dans d'autres régions, le peuplement est hétérogène. Plusieurs conceptions des droits fonciers se côtoient. Des **contradictions** ou des **conflits** naissent entre ces conceptions. Les conflits les plus fréquents ont lieu:

- entre les familles **autochtones**, premières arrivées sur les terres, et les familles migrantes, **allochtones**,
- entre **agriculteurs** et **éleveurs** de bétail,
- entre **détenteurs de droits fonciers coutumiers** et **autorités étatiques**,
- entre transmission **orale** des droits et transmission **écrite**,
- entre ceux qui font contradictoirement **référence soit aux coutumes foncières, soit aux codes étatiques**, en fonction de leurs intérêts respectifs.

Traditionnellement, des modes de concertation ont existé pour éviter les conflits fonciers. Leurs applicaton dépendaient de multiples circonstances locales et des compromis entre les groupes ou familles protagonistes. Lorsque les modes de concertation sont disloqués, le milieu écologique et l'économie des familles rurales souffrent d'un manque de cohérence dans la gestion des droits fonciers:

- les parties en conflit **ne reconnaissent pas nécessairement les mêmes arbitrages**. Les différentes ethnies et les familles cohabitant dans une zone se réfèrent parfois à des coutumes foncières différentes. Les agriculteurs, les éleveurs et les pasteurs exploitent les terres en fonction d'intérêts différents ou même contradictoires;
- les usagers non propriétaires n'ont **pas d'intérêt à investir à long terme** dans l'amélioration des terres qu'ils occupent. Ils risquent de se voir retirer l'usage des terres qu'ils ont améliorées, ou des arbres qu'ils y ont plantés, avant même d'avoir pu en profiter. Des propriétaires concèdent des droits d'usage, mais ils reprennent la terre dès lors que des améliorations y ont été apportées par l'usager. Là où l'usager peut être dessaisi de ses terres par les responsables coutumiers ou par les services de l'État sans contrepartie claire sur le pan juridique, l'insécurité foncière est grande; elle est peu intéressante sur le plan de l'investissement foncier;
- certains chefs de terres coutumiers préfèrent céder des terres à des étrangers, contre **paiement**, plutôt que de les mettre à la disposition des membres de la communauté, et en particulier des jeunes paysans sans terre. Les conflits nés de ces situations sont nombreux;
- le **caractère autoritaire** d'interventions étatiques est parfois nécessaire, par exemple pour la lutte anti-érosive, l'aménagement de bas-fonds, la création de retenues d'eau, etc. Encore faut-il que la communauté concernée comprenne ce qui se passe et se sente renforcée. Ce n'est pas le cas lorsque la concertation est déficiente entre les parties concernées, usagers de la terre, structures techniques, services administratifs et commerciaux;
- l'autorité administrative de référence est souvent **éloignée** des terroirs. Il n'est pas rare qu'elle prenne des décisions à partir de centres administratifs et de services centraux, sans bien apprécier les contextes locaux. On constate par exemple des attributions de titres fonciers à des personnes extérieures au milieu, des autorisations de coupe à des marchands de bois n'ayant pas d'attache avec le milieu local - sans que celui-ci ne profite de ces coupes - , des cessions de parcelles de culture sur les parcours de transhumance de bétail - sans analyse préalable des conflits que cela peut engendrer - , etc.

Quels sont les différents droits fonciers d'application sur notre terroir? Ceux qui relèvent des coutumes? Ceux qui relèvent des codes de l'État? Qui peut bénéficier de ces droits? Les propriétaires? Les usagers? Les hommes? Les femmes? Les jeunes? Les étrangers aux terroirs? Les agriculteurs, les pêcheurs, les pasteurs et les éleveurs? Quels sont les accords et les désaccords, les conflits latents ou ouverts, existant entre les ayants droit? Quelles sont les structures de concertation permettant de discuter des questions foncières?



Partie 4
Les arbres et l'agriculture familiale

Au cours des dernières décennies, les arbres ont été malmenés en Afrique. Ils ont été surexploités pour satisfaire les besoins en combustibles des grandes villes. Ils ont été éliminés au nom de la modernisation des grandes cultures commerciales. Ils souffrent de multiples blessures consécutives à des comportements humains peu attentifs.

La disparition des arbres dans les fermes, les brousses et les forêts, est un problème majeur. Elle est au cœur de la dégradation des économies agricoles familiales et de l'environnement rural. Elle participe à la désertification de larges contrées.

Pourtant, dans toutes les régions tropicales et équatoriales de la planète, les arbres sont essentiels pour l'économie et l'écologie des fermes. Dans cette partie, nous allons voir pourquoi et comment, en parlant successivement:

- du **rôle économique** des arbres dans les exploitations agricoles,
- et de leur rôle **écologique**.

Ceux qui veulent approfondir le sujet consulteront utilement le livre *"Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique"*.



Chapitre 12
Le rôle économique des arbres dans les exploitations familiales

Les arbres et l'économie familiale

Diversité des produits arboricoles

La diversité des produits arboricoles est grande, comme est grande leur importance pour l'économie familiale, l'alimentation et la sécurité alimentaire. Le tableau **136** le rappelle.

Dans le contexte des sociétés de grande consommation, beaucoup de produits arboricoles ont été remplacés par des substituts industriels: les colorants naturels sont remplacés par des colorants artificiels, le coton est concurrencé par des fibres synthétiques, les médicaments des sociétés pharmaceutiques remplacent les remèdes naturels traditionnels, de même que les parfums ou les condiments sont remplacés par des produits de la chimie. Dans bien des cas, les substitutions sont le résultat d'actions commerciales, de modes et de propagandes, autant que celui de besoins objectifs. Par exemple, le coca-cola remplace le jus de tamarin, les "sucreries" colorées remplacent les jus d'orange, d'ananas, de mangue, la pomme importée remplace les fruits locaux, le cube magi remplace le soumbala traditionnel (graines de néré fermentées). De telles substitutions sont peu favorables aux économies locales puisqu'elles canalisent les flux d'argent vers les commerces étrangers plutôt que vers les échanges locaux. Souvent aussi, les produits industriels sont de moindre qualité alimentaire.

Modes d'exploitation des arbres

Sur le plan agricole, certaines espèces d'arbres sont exploitées **pour un seul de leur produit**: le café, le cacao, la mangue, la cola, le safou, l'orange, la goyave, le thé, etc. Parmi ces produits, certains sont commercialisés à grande échelle sur les marchés internationaux, pour une consommation directe ou pour être transformés dans les industries alimentaires.

136 Les produits arboricoles

- ♣ **produits d'alimentation humaine**
  feuilles, fleurs, fruits frais ou secs, graines, racines, épices, pollen
- ♣ **produits apicoles**
  sucs, pollen, résines, propolis
- ♣ **produits à usage médicinal**
  feuilles, fruits, racines, écorces, cendres, huiles essentielles
- ♣ **sécrétions, exsudats ou substances chimiques**
  latex, gommes, résines, sucs, colorants, parfums
- ♣ **produits fourragers**
  feuilles, fruits, tiges, graines
- ♣ **matériaux pour usage agricole ou piscicole**
  manches d'outils, poteaux, tuteurs, perches, fascines, récipients
- ♣ **matériaux de fabrication de matériel ménager**
  pilons, récipients, spatules, cuillers
- ♣ **produits de combustion**
  bois sec ou charbon de bois, coques de fruits ou de noix
- ♣ **matériaux de construction ou d'artisanat**
  grumes, bois de sciage, baliveaux, lattes, planches, palmes, matériel de vannerie, de tressage, de palissage, de construction pour les greniers, d'ameublement
- ♣ **produits fibreux à usage d'habillement**
  fibres d'écorces, de tiges ou de fruits
- ♣ **produits colorants**
  colorants alimentaires, colorants pour l'habillement
- ♣ **produits pesticides ou pestifuges**
  feuilles, fruits, huiles essentielles, sécrétions, latex
- ♣ **produits de parfumerie**
  feuilles, racines, fleurs, fruits
- ♣ **matériaux utilisés pour les activités artistiques**
  pour la sculpture, les instruments de musique

D'autres produits intéressent plutôt les consommateurs locaux, comme par exemple les fruits du tetrapleura aux gousses anguleuses très odorantes (**137**), du carambolier aux fruits très acidulés (**138**), de l'*Annona muricata* (**139**), du rocouyer dont les graines sont utilisées comme condiment et l'écorce des fruits comme colorant (**140**).

L'histoire du commerce des produits agricoles montre des évolutions dans le temps. Des espèces très prisées anciennement ont été délaissées. D'autres prennent place dans les échanges internationaux alors qu'elles ne les avaient pas intéressés précédemment. Par exemple, la gomme arabique avait fait l'objet d'un commerce séculaire, puis elle a été abandonnée. Aujourd'hui, elle est de plus en plus demandée en Occident pour le secteur de la pâtisserie. La carambole, le man-


137 *Tetrapleura tetraptera* (gousse condimentaire)


138 *Averrhoa carambola* (fruit du carambolier


139 *Annona muricata* (annone, fruit)


140 *Bixa orellana* (graines condimentaires du rocouyer)

goustan, la grenade, le corossol, ne faisaient pas traditionnellement l'objet d'un commerce international soutenu, mais aujourd'hui, ils se retrouvent parmi les produits alimentaires, dans les grands magasins des pays riches.

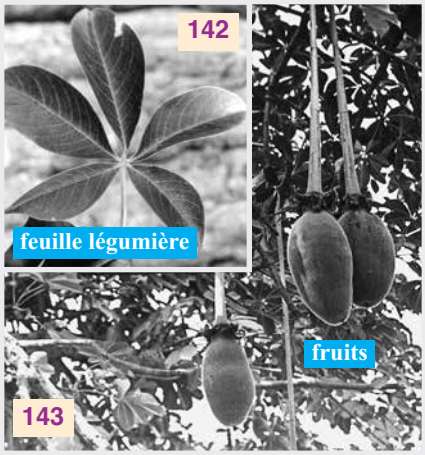
Certaines espèces dites à **usages multiples** offrent une gamme de produits. Elles sont nombreuses. Relevons-en quelques exemples particulièrement importants pour la sécurité alimentaire des familles.

Le **baobab** est une espèce à usages multiples (**141**). On utilise ses feuilles, riches en vitamines C, pour les préparations alimentaires et pour des médications (**142**), les fleurs pour parfumer et la farine des fruits pour épaissir les sauces (**143**), l'écorce pour faire de la corde.

La plupart des espèces de **palmiers** sont à usages multiples.

Le **palmier rônier** pousse un peu partout en Afrique soudanienne et sahélienne (**144**). Ses racines entrent peu en concurrence avec les plantes des étages inférieurs, lorsqu'il se trouve dans les champs. Toutes ses parties sont utiles:





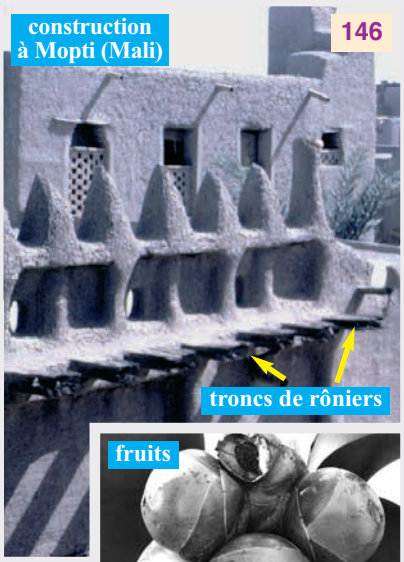
Toutes les parties du baobab sont utiles à l'homme.

- ses fruits juteux sont consommés comme les noix de coco (**147**),
- sa sève est recueillie comme boisson (vin de palme),
- encore verts, ses jeunes fruits, souvent très abondants, sont utilisés comme fourrage,
- ses feuilles palmées servent pour la confection des nattes, des toitures, des paniers,
- ses jets sont consommés comme légume (**145** et **148**),
- son bois est imputrescible. Il est utilisé pour des travaux de charpentage traditionnel ou moderne (**146**), pour la construction de ponts ou d'autres infrastructures. On le creuse pour faire des petites canalisations d'eau.



Toutes les parties du palmier rônier sont utilisées dans l'économie familiale: ses feuilles palmées pour toutes sortes de tressage, son tronc imputrescible pour la construction de charpentes et de gouttières, ses fruits pour leur jus et leur chair ou comme fourrage, ses jets comme légume, sa sève comme boisson.









Dans certaines régions, les parents plantaient des rôniers lorsqu'un enfant naissait, afin que celui-ci puisse les exploiter à l'âge où il aurait à construire sa maison.

Cette pratique a été délaissée sous l'influence de la modernisation prônée par les services d'encadrement. Dans plusieurs pays d'Afrique de l'Ouest, les réglementations environnementales officielles sont peu adaptées à l'exploitation du rônier. Appliquées radicalement, elles ont parfois provoqué la régression de sa culture. Pourquoi planter si on n'a pas le droit d'exploiter les arbres le moment venu? Un nouvel intérêt se manifeste pourtant chez les jeunes agriculteurs pour cette espèce.

Le **palmier à huile** est surtout cultivé pour ses fruits et ses noix (**149**). Les premiers donnent l'huile de palme, les secondes, l'huile de palmiste. Ces huiles intéressent l'industrie et le commerce international. Dans les économies locales, familiales, l'arbre est également exploité pour son huile, mais aussi pour sa sève, pour ses palmes qui servent à faire des toitures, pour les fibres de ses rafles qui servent à confectionner des liens, des tamis, des paniers, des nattes pour la pêche, etc. La coque des noix palmistes est un excellent combustible.

Quant au **palmier raphia**, qui pousse dans les marécages de l'Afrique centrale, il sert pour de multiples utilisations. Les folioles et les tiges de ses palmes servent à la confection de toitures étanches, les rafles fournissent de longues fibres, les fruits sont consommés. Ces palmiers constituent aussi, à l'aisselle de leurs palmes, un milieu favorable au développement de chenilles très appréciées.



Plantation de palmiers à huile en Côte d'Ivoire



Azadirachta indica, ou neem: une espèce intéressante pour la lutte contre les ravageurs des plantes cultivées.

Le **neem** (*Azadirachta indica*) est une espèce multifonctionnelle importante qu'on trouve un peu partout sur le continent (**150**). Cet arbre, d'origine exotique, s'est imposé pour sa haute productivité en bois. Mais les qualités pesticides et pharmacologiques de ses graines et de son huile essentielle sont très appréciées.

D'une façon générale, notons que la plupart les espèces d'arbres ou d'arbustes offrent des **possibilités médicamenteuses** pour l'homme, l'animal ou pour les luttes phytosanitaires. Dans certaines langues locales, d'ailleurs, c'est le même mot qui désigne l'arbre et le médicament. Par exemple, le mot *"garab"* en wolof du Sénégal.

Il existe bien d'autres espèces multifonctionnelles que chacun peut repérer dans sa propre région.

Haies et bocages multifonctionnels

Les **HAIES** sont des alignements d'arbres et d'arbustes. Elles sont constituées d'une ou de plusieurs espèces. Leur implantation est toujours **fonctionnelle,** et souvent **multifonctionnelle**. Plusieurs raisons justifient leur implantation:

- ⇨ le **clôturage** des propriétés et des parcelles,
- ⇨ la protection des champs **contre les effets du vent** ou du ruissellement des eaux,
- ⇨ la production de **bois**, **fruits**, **fourrage**, **fertilité**, ...
- ⇨ l'entretien de la **biodiversité** au sein des terroirs.

Le travail à réaliser pour planter les haies et les entretenir est important. Bien conçues, composées de plusieurs espèces d'arbres, d'arbustes et d'herbes, elles peuvent être très **productives** et participer largement à l'économie de tous les membres des familles.

Certains arbres de haute volée peuvent être intégrés dans les haies, alors qu'ils gêneraient les cultures s'ils poussaient au milieu des champs. Citons par exemple l'anacardier (cajou) dont le feuillage est très dense et empêche le développement de plantes herbacées à ses pieds. La photo **151** montre une haie productive très dense composée de plusieurs espèces d'intérêt agricole.

Une haie bien établie est un petit **écosystème**. On y trouve les végétaux mais aussi tout un monde animal (rongeurs, oiseaux, lézards, vers, insectes, petit gibier,...) et de micro-organismes. Un bon nombre de ces animaux sont des **auxiliaires de culture** utiles pour l'agriculture. Certaines espèces d'oiseaux et les lézards, par exemple, sont de grands consommateurs des chenilles et des larves qui parasitent les cultures. Les oiseaux de proie chassent les souris et les oiseaux plus petits qui attaquent les cultures.

La présence de ces êtres vivants n'a toutefois pas que des avantages, comme nous allons le voir plus loin.

151



Haie multifonctionnelle

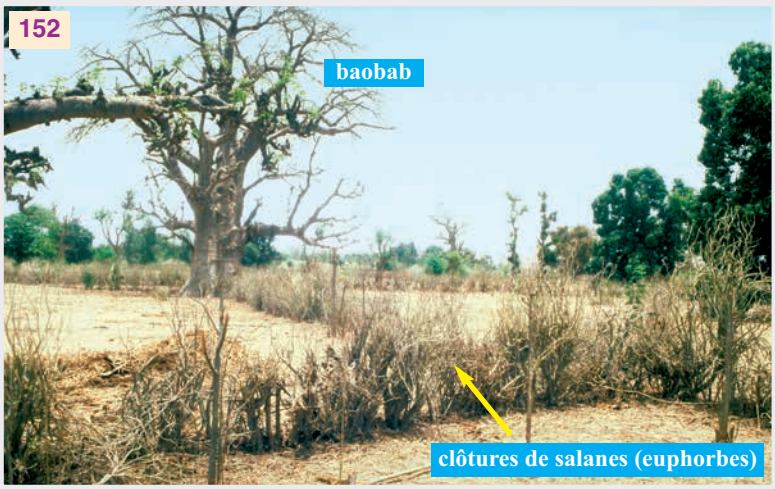
Haies et clôtures vives

Les haies que nous voyons sur les photos **152**, **153**, et **154** servent principalement de clôtures. Leur but est d'empêcher le passage des animaux ou de délimiter les champs. La partie **vive** est constituée de piquets serrés les uns contre les autres.

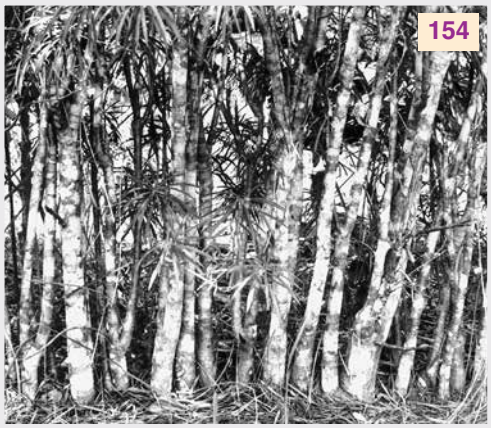
Parfois, une partie **morte** complète la clôture vive: lattes de palmes, épines, fil de fer, par exemple.

Diverses espèces sont efficaces pour la formation de clôtures vives: dracaena, euphorbes, espèces épineuses telles que prosopis, divers acacias, sisal...

152



154



Haie vive de Dracaena (arbre de la paix) dans l'ouest du Cameroun

153



Ces clôtures sont composées d'un lacis serré d'Euphorbia balsamifera (salanes) et d'épines mortes.

Comment exploiter les épines sans détruire les espèces épineuses poussant naturellement dans le milieu environnant?

Intéresser la recherche aux espèces oubliées

Lorsque les colons sont arrivés en Afrique, ils se sont surtout intéressés aux espèces cultivées dont les produits pouvaient être commercialisés ou exportés. Leurs recherches expérimentales ont été faites autour de ces espèces: palmier à huile, caféier, cacaoyer, avocatier, bananier, théier, hévéa, manguier, papayer, quinquina. A cette époque, de larges superficies de terre ont été consacrées à ces espèces. Même si l'utilité de plusieurs d'entre elles étaient inconnues des populations locales, elles ont largement contribué, et contribuent encore, à l'économie de certains pays. Les taxes prélevées aux frontières sur les produits arboricoles alimentent les budgets des États.


155

Au temps colonial, les karités ont été détruits parce qu'ils gênaient les cultures de rente. Aujourd'hui, l'huile de karité est devenue un produit de luxe en Occident. Il faut donc replanter des pieds qui mettront de 10 à 15 ans avant de produire.

Ci-dessous: fabrication artisanale du beurre de karité


156


157

D'autres plantes, intéressant plutôt l'économie des familles, ont été délaissées par la recherche et l'encadrement technique: néré, karité, baobab, rônier, arbre à pain, micocoulier, colatier, safoutier, ficus, érythrine, gonakier, néverdié, parinaire, tamarinier, indigotier, tetrapleura, arbre à ail, prunier du japon, etc.

Dans ce contexte, l'histoire de certaines espèces d'arbres est significative. Le karité par exemple *(Butyrospermum parkii)*. Cette espèce à croissance lente était très présente dans les terroirs d'Afrique de l'Ouest et participait traditionnellement à l'économie des familles, plus particulièrement des femmes qui en extrayaient le beurre à partir des graines (**155** à **157**).

Au nom de la modernisation, les services d'encadrement des cultures commerciales (arachide et coton) obligèrent l'abattage des arbres afin de faire passer les outils mécaniques. Le peuplement de karités fut réduit et ces arbres disparurent même dans certaines zones.

Puis, les industries étrangères des produits cosmétiques se sont intéressées au beurre de karité. Mais la reconstitution d'un parc de karités en production s'étale sur 10 à 15 ans. La recherche ne s'étant pas investie sur l'amélioration des performances de l'espèce, on ne dispose pas encore de variétés à croissance rapide, comme c'est le cas pour la plupart des espèces ayant intéressé les économies coloniales. On ne connaît pas non plus assez les combinaisons de variétés pouvant s'allier par greffage.

Transport de bois par charrette à âne vers la ville de Ouagadougou


159


158

Transport de charbon de bois vers la ville de Kinshasa

Les arbres doivent être au cœur même de la modernisation des fermes familiales. C'est à la recherche de s'adapter à cette réalité, non aux arbres de s'effacer en vertu de principes de modernisation établis en dehors du contexte écologique.

Arbres en souffrance

Sur le continent africain, il existe un déséquilibre entre les pratiques destructrices et les techniques de gestion positives des arbres. Le capital arboré se dégrade sur l'ensemble des terres habitées. Seules quelques exceptions peuvent être constatées. Les dégradations sont liées à l'économie et aux comportements humains.

Arbres combustibles

En Afrique tropicale, les arbres constituent la principale source de combustibles pour les familles rurales et urbaines. Dans les milieux naturels, l'exploitation des arbres à cet usage prend le dessus sur d'autres fonctions plus écologiques ou productives (**158** et **159**).

La densité démographique s'est accrue. Les villes ont grandi. La demande en combustibles a augmenté. Le bois est devenu une **ressource commerciale très profitable** pour un grand nombre de bûcherons, de charbonniers et de commerçants. Ils exploitent le bois sans se préoccuper de sa reproduction.

La demande en bois et en charbon de bois est telle que la production naturelle (dans les brousses et les forêts) ou agricole (dans les fermes) ne suit pas la croissance de la demande. L'environnement de nombreuses régions sèches est à l'image du paysage de la photo **160** qui, comme ses derniers arbres, est condamné à mort. Pourtant, il y avait là des forêts et des brousses denses voici 30 ans. Dans de nombreuses régions déboisées, la disparition du bois oblige les familles à se rabattre sur les pailles, les résidus de cultures, le bouses séchées, pour les préparations ménagères.

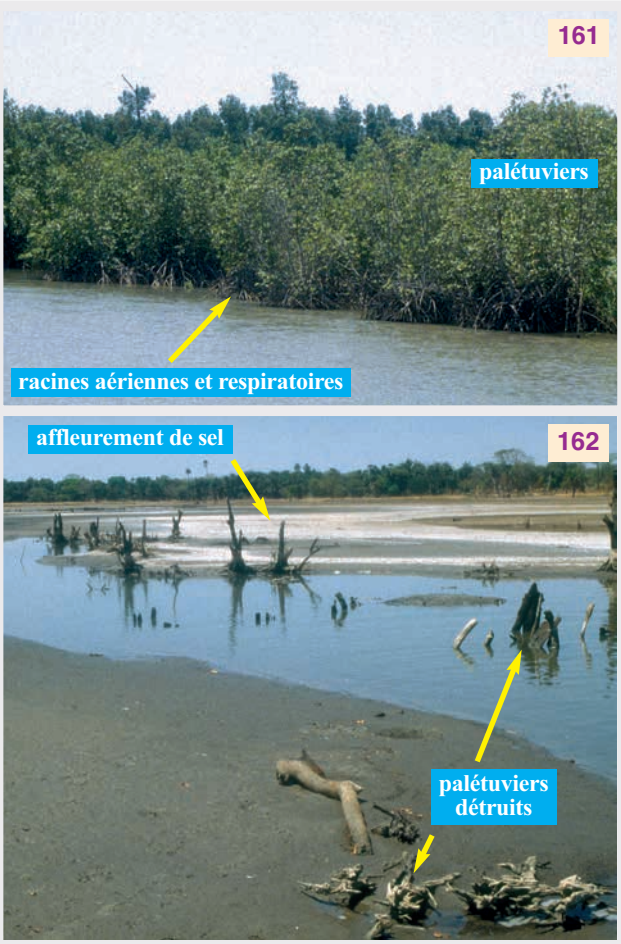


La surexploitation des arbres et du milieu entraîne la désertification.

Cette évolution renforce les processus de dégradation de la fertilité des sols, puisque les minéraux contenus dans les pailles quittent les champs.

Dans les régions humides d'Afrique centrale ou côtière, les dégradations sont moins frappantes, mais tout aussi réelles: surexploitation des bonnes espèces forestières pour l'industrie du bois, coupes incontrôlées de bois de chauffage, accroissement de la production de charbon de bois. La recherche du profit immédiat a pris le dessus sur la reconstitution et la gestion à long terme du capital arboré.

Les destructions occasionnées aux milieux écologiques sont immenses, même lorsque la qualité des bois comme combustible est très mauvaise. Sur les côtes de l'océan Atlantique, par exemple, on trouve la **MANGROVE** (**161**). C'est une forêt aquatique très riche sur le plan écologique: poissons, coquillages, mollusques, huîtres, crevettes, oiseaux, etc. Le bois



En Casamance (Sénégal), le long des côtes maritimes, la mangrove, très riche sur le plan écologique et intéressante sur le plan économique, a été détruite pour vendre en ville quelques fagots de bois de mauvaise qualité.

des **palétuviers** qui forment la mangrove est léger et humide. C'est un combustible de mauvaise qualité. Pourtant, les palétuviers sont fauchés pour être vendus comme bois de chauffe. Après le passage des coupeurs, il n'y a plus de vie dans le bas-fond (**162**). Le sel est visible à la surface du sol. Sous le rayonnement solaire, l'eau des mares salées s'évapore de 1 à 3 cm par jour.

Sur le plan économique, le gain obtenu par les coupeurs de palétuviers et les intermédiaires est sans commune mesure avec les pertes occasionnées par la disparition de tous les produits alimentaires cités ci-dessus, qui étaient récoltés dans la mangrove avant sa destruction. Si on se place dans une perspective d'avenir à moyen et long terme, la destruction des palétuviers est une perte économique sèche pour les populations riveraines.

Dans le cas de la photo **162**, aucune autorité n'a malheureusement été à même d'arrêter le massacre d'une économie liée au milieu écologique de la mangrove.

Les exemples sont nombreux où l'exploitation du bois comme combustible se fait dans la seule optique d'un profit immédiat, sans aucune perspective sur l'avenir et les besoins des générations futures.

Le "modernisme" au détriment des arbres

Consommation moderniste

Dans de nombreux domaines, nous avons vu que **les consommateurs urbains et ruraux ont préféré acheter des biens de consommation de fabrication étrangère**, considérés comme plus "modernes", que de se fournir dans les économies locales. Les paniers en osier sont abandonnés au profit des paniers en plastique du commerce, le matériel de cuisine en bois est remplacé par des outils métalliques importés, les médicaments naturels provenant des arbres croissant sur les terroirs sont remplacés par des remèdes fabriqués dans les industries étrangères, les biscuits de fabrication étrangère sont préférés aux noix traditionnelles lors des fêtes,…

Il résulte de ces comportements que les flux d'argent sont orientés vers l'extérieur des pays, plutôt que de profiter à leurs habitants.

Faute d'intérêt pour les productions locales et de solidarité économique entre les familles - en particulier pour ce qui est de l'artisanat -, le capital arboré régresse puisqu'il n'est pas renouvelé dans une perspective économique à long terme.

Concurrence sur les prix

La mondialisation de l'économie engendre d'énormes **concurrences économiques** difficilement soutenables pour les exploitations familiales africaines. Des marchandises étrangères débouchent sur les marchés locaux à des **prix largement inférieurs** à ceux que peuvent raisonnablement offrir les producteurs locaux. Cette concurrence décourage ceux-ci.

Par exemple, on peut trouver dans les villes des planches sciées importées, bien moins chères que celles qui sont produites sur place dans les exploitations forestières ou les boisements familiaux. Pourquoi, sachant que leurs marchés sont envahis par des marchandises étrangères, les familles planteraient-elles des arbres dans ces circonstances, alors qu'il s'agit d'un investissement à long terme?

Absence de solidarité économique

Tel qu'il est souvent présenté, le modernisme exclusivement inspiré de comportements étrangers a détruit les **solidarités économiques locales** entre les consommateurs ruraux et urbains et les producteurs nationaux. La disparition de ces solidarités conduit à déconsidérer les structures de production familiales. Les familles s'appauvrissent faute de pouvoir vendre des marchandises qu'elles produisent. En conséquence, les investissements à long terme qu'exigent les productions arboricoles familiales sont de plus en plus délaissés.

Ce délaissement se superpose aux nombreuses autres difficultés que rencontrent les ruraux pour investir dans la plantation d'arbres, telles que par exemple les contextes fonciers décrits plus haut.

Restriction de l'autorité terrienne traditionnelle

La mise en place de lois foncières et forestières par les États est indispensable. Mais souvent, les codes ont dilué les responsabilités relatives à la gestion des arbres et des milieux dans lesquels ils se développent.

- Les **autorités terriennes** communautaires traditionnelles ont souvent été **amputées de leurs responsabilités** de gestionnaires des ressources de terroir.
- Les **autorités étatiques** ont cherché à **centraliser la gestion** des ressources terriennes à leur niveau. Les rapports de proximité ont cessé d'exister. Certaines décisions relèvent de services administratifs très éloignés des terroirs concernés. Des responsables agissent parfois en fonction de leurs intérêts personnels plutôt que de l'intérêt général. Des changements sont

cependant observables dans la dernière décennie puisque l'application des codes fonciers relève de plus en plus souvent des collectivités locales.

- Les **autorités terriennes coutumières** n'ont pas toujours été à même de **procéder aux réformes** de leurs modes de gestion, nécessitées par l'évolution de leurs sociétés.
- Le **contexte migratoire** n'est pas favorable à la gestion des arbres. Les migrants ont tendance à considérer ceux-ci comme de simples ressources minières pouvant être consommées ou commercialisées rapidement, sans effort de remplacement. Ils les considèrent souvent comme des éléments gênant l'exploitation des champs.
- Les **enjeux commerciaux** se sont affirmés sur les ressources en bois. Cette affirmation a créé des **contextes politiques peu favorables** à de réelles stratégies en matière de ressources arborées.
- **L'information et la formation** des populations, jeunes et âgées, sur les enjeux économiques et écologiques des ressources arborées se sont avérées insuffisantes.



Non contrôlé, le feu a devasté les arbres de cette terre.



Brûler des détritus au pied d'un arbre est une pratique destructrice.



Quelle est l'utilité de ces coups de machette? Quelles en sont les conséquences pour l'arbre?



L'arrachage peu soigneux d'une branche, voici plusieurs annéesa, a entraîné cette pourriture du tronc.

Pratiques destructrices

Feux intempestifs

Des **feux intempestifs** détruisent des portions entières de forêts, souvent pour des raisons dérisoires (**163**).

Traditionnellement, il existait dans la plupart des communautés des règles relatives aux feux, qu'il s'agisse de défricher des parcelles de cultures, de les nettoyer en vue de semer des espèces nécessitant des sols propres, de détruire la vermine dans les brousses herbacées ou les jachères, de faire la chasse, de faire reverdir des pâturages. Mais la disparition des règles traditionnelles et la fréquente inadaptation des règles nouvelles promulguées par les services étatiques a laissé libre cours aux pratiques non contrôlées, ou au laisser-aller.

Il est apparu que, dans des contextes de déresponsabilisation des autorités coutumières, peu de sanctions soient encore possibles contre les bouteurs de feux intempestifs.

L'établissement de nouvelles règles, suivi de mise en application en accord avec tous les intervenants du milieu rural, est nécessaire pour l'avenir.

Pratiques destructrices inconscientes

Nombreuses sont les destructions inconscientes du capital arboré dans les exploitations agricoles.

Par exemple, sur la photo **164**, nous voyons un arbre en cours de destruction. La cultivatrice a accumulé des herbes sèches au pied de l'arbre, lors du nettoyage de son champ. Elle y a mis le **feu** sans se préoccuper de sa propagation. L'arbre blessé est rongé par le feu,

sans que la cultivatrice ne fasse attention à son avenir. Il finit par s'effondrer.

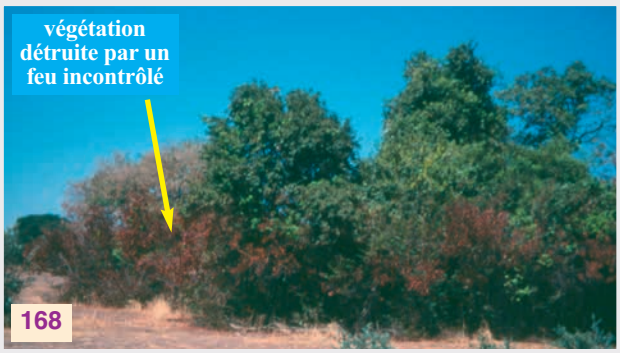
Sur la photo **165**, nous voyons un arbre blessé par de multiples **coups de machette**. Des passants l'ont frappé pour tester le tranchant de leur machette ou par simple jeu. Cette façon de faire est évidemment très destructrice puisque chaque blessure est une porte d'entrée pour des ravageurs et des infections.

Ici (**166**), on voit qu'une branche de l'arbre a été arrachée voici quelques années, sans aucune préoccupation pour la blessure infligée. Le tronc de l'arbre a pourri par l'intérieur.

Voici un boisement bien dense (**167**). Au centre de la photo, on voit une souche qui a été coupée, en pleine saison sèche, à environ 70 centimètres du sol. Le moment inadapté et la façon dont cette coupe a été faite ont amené le dépérissement de la souche. Pour qu'elle survive, il aurait fallu que les racines soient abreuvées et que la tige développe rapidement de nouveaux jets foliaires.



Les coupes doivent être faites au moment où la régénération des bourgeons est possible, c'est-à-dire lorsque les racines sont abreuvées.



La bordure de ce verger a été dégradée par le passage intempestif d'un feu incontrôlé, allumé dans le champ voisin. Des conflits entre voisins naissent dans ce genre de circonstances.

Les **labours mécaniques** peuvent avoir des effets néfastes sur le parc arboré, lorsqu'ils sont pratiqués sans tenir compte de la végétation arborée.

Surexploitation des ressources arborées

En l'absence d'une conscience réelle du rôle des arbres dans l'économie familiale, certains cultivateurs, ou leurs ouvriers agricoles, labourent mécaniquement sans plus s'occuper des jeunes pousses spontanées. Le parc arboré spontané ne se régénère plus puisque les jeunes pousses sont détruites par les instruments aratoires. Le problème serait résolu si des plantations d'arbres avaient lieu de façon plus systématique. Mais les régimes fonciers qui s'appliquent sur les terres n'y sont pas favorables, comme nous l'avons vu plus haut.

Tant que la présence d'arbres dépend des seuls semis spontanés, on voit mal comment les exploitants travaillant des terres qui ne leur appartiennent pas veilleront à la constitution ou la reconstitution d'un parc arboré de valeur.

169 *Consommer du bois plus qu'on en produit?*





Sur ces terroirs villageois, des boisements malingres (en dessous) vont-ils compenser le départ vers les villes des nombreux fagots coupés dans les brousses environnantes (au-dessus)? Ces boisements vont-ils satisfaire les besoins familiaux en bois de chauffage ménager?

L'accroissement démographique des troupeaux, les divagations de ceux-ci et la surexploitation des ressources fourragères naturelles appauvrissent l'environnement des communautés de pasteurs et d'agriculteurs. Combinée à l'exploitation excessive du bois, la surexploitation des ressources par le bétail conduit à la désertification. Quelques années suffisent pour cette désertification. Pour le bois, il existe un très grand déséquilibre entre ce qui est prélevé dans le milieu (**170**) et les trop faibles investissements réalisés pour reconstituer les ressources arborées naturelles (**171**).

Parlons aussi de la destruction de milieux très sensibles, par l'exploitation du bois. Le tableau ci-contre (**173**) montre ce qui est advenu de certaines rizières salées de Casamance, en quelques années. Ces plaines étaient submergées alternativement par l'eau salée des estuaires marins, et l'eau douce des pluies, durant les hivernages. La première photo montre l'organisation traditionnelle de ces rizières, avec les bosquets d'arbres surmontant des monticules (souvent des termitières).

L'abattage des arbres, pour des raisons commerciales à courte vue, a compromis les équilibres saisoniers. Les terres, anciennement consacrées au riz, ne sont plus que des zones de sols salins totalement incultes. L'exploitation immédiate de quelques stères de bois a donc compromis, sous l'œil des collectivités et des services, la durabilité de l'exploitation rizière.

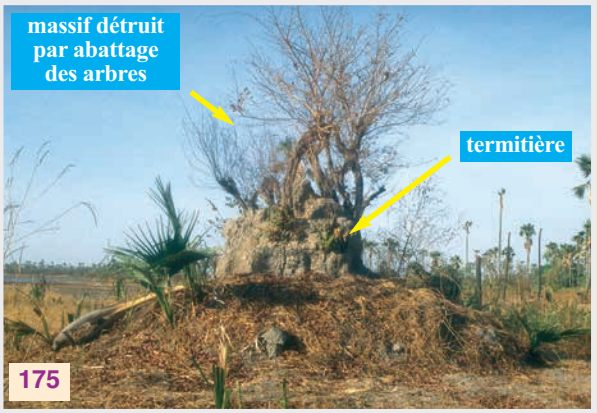
La **construction** est grande consommatrice de bois pour la fabrication des charpentes de maisons, traditionnelles ou modernes. Le bois sert aussi de combustible pour la cuisson de briques et de tuiles (**172**). En l'absence d'une production arboricole organisée importante, cette activité accentue les pénuries en bois et la dégradation de l'environnement.



Les fours à briques sont des grands consommateurs de bois. Leurs activités ne peuvent se développer sans risques écologiques si le bois qu'ils consument est coupé dans les seules brousses et forêts naturelles. Des plantations sylvicoles sont indispensables là où on veut favoriser la briqueterie et la tuilerie.

173 Destruction des rizières casamançaises







Le contexte traditionnel des rizières de Casamance a été détruit par suite de l'exploitation inadéquate des massifs d'arbres fruitiers qui tempéraient le micro-climat de ces rizières. Le résultat de cette destruction est une sorte de désert sur lequel passent les vents. Les sels contenus dans les eaux souterraines de ces terres remontent et cristallisent à la surface du sol, rendant la terre stérile.

Le bois: un enjeu important pour les femmes rurales

Les femmes rurales sont impliquées dans l'économie du bois de chauffage ménager. Traditionnellement, elles se sont approvisionnées dans les brousses proches de leurs habitations. Mais les ressources se tarissent autour des villages, en même temps qu'augmente la densité de population. On constate qu'il existe une concurrence manifeste entre les besoins des ménages ruraux et ceux des consommateurs urbains.

Relevons plus précisément les **difficultés** rencontrées:

- les **ressources en bois ont diminué** aux alentours des villages, à cause de l'exploitation ménagère et du bûcheronnage par des personnes sans attaches avec la zone. Les femmes parcourent des distances de plus en plus longues pour trouver le bois dont elles ont besoin;
- la **concurrence commerciale** des trafiquants de bois s'est intensifiée, quasiment sans aucune compensation de leur part pour la réarborisation. Les bûcherons n'ont ni l'habitude, ni le sentiment d'avoir à remplacer les ressources qu'ils prélèvent dans le milieu, alors que des commerçants chargent de pleines charettes et des camions pour acheminer bois et charbon vers les villes;
- des **déséquilibres** existent **au sein des ménages**. Les maris préfèrent souvent vendre le bois coupé dans leur terroir que de le laisser en tout ou en partie à la disposition de leurs épouses;
- des **autorisations de coupe** sont régulièrement attribuées par des services distants des lieux de bûcheronnage, souvent en fonction de critères administratifs qui tiennent peu compte des besoins ménagers locaux;
- les **moyens de transport** sont peu disponibles dans les fermes familiales. Les fagots ménagers sont transportés sur la tête. Lorsque ces moyens existent, ils appartiennent généralement aux hommes, mais les maris acceptent parfois mal de les mettre à disposition des femmes pour faciliter la recherche du bois;
- nous avons aussi relevé plus haut les **déséquilibres** existant entre la production volontariste de bois et la cueillette dans les brousses environnantes (**169**).



La quête du bois crée de grandes **surcharges de travail** pour les femmes. Des **problèmes de santé** sont engendrés par le transport de lourds fagots, sur la tête ou sur le dos. Par rapport aux difficultés rencontrées, il existe des **pistes d'actions**:

- ✔ l'**amélioration des foyers** ménagers, afin de mieux concentrer l'énergie calorifique du combustible sur les récipients de cuisson et de diminuer les besoins journaliers en bois (**178**);

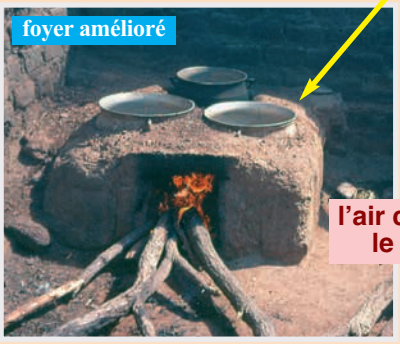
178 *Économiser le bois dans les cuisines*

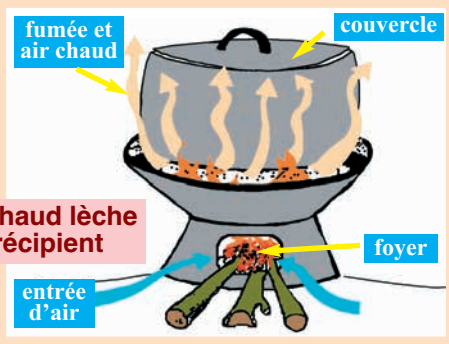


Sur le feu trois pierres, la chaleur est disséminée autour du récipient et est emportée par le vent.

Sur le foyer amélioré, l'air chaud et la fumée s'échappent entre l'enceinte du foyer et la paroi de la marmite. L'espace entre les deux parois doit être réduit afin de concentrer le flux de chaleur contre la marmite.

Couvrir le récipient au moyen d'un couvercle économise une part non négligeable de combustible





l'air chaud lèche le récipient

- ✔ une **organisation plus favorable aux femmes**, des moyens disponibles au sein des familles (moyens de transport, main-d'œuvre familiale, parcelles réservées à la plantation d'arbres);
- ✔ l'établissement de **règles locales concertées**, contrôlables par les collectivités, limitant les coupes intempestives de bois par des personnes sans attaches avec le milieu. Parmi ces règles, certaines doivent **concerner les mises à feu intempestives** inutilement destructrices des ressources ligneuses;
- ✔ la création de **comités villageois** ou de collectifs pour la gestion des brousses;
- ✔ la **généralisation de l'arboriculture** familiale et collective, dans une perspective de modernisation de l'économie familiale et nationale;
- ✔ l'utilisation de l'**énergie solaire**. Elle est susceptible de se substituer, au moins partiellement, à l'énergie du bois. Avec des moyens assez simples, on arrive, par exemple, à chauffer l'eau sanitaire jusqu'à 50° centigrades, uniquement avec l'énergie du soleil. On dispose aussi de la technique des fours solaires, très utiles dans les zones où il n'y a pas de bois;
- ✔ l'utilisation d'**autres sources d'énergie** que le bois dans les villes: gaz, pétrole, électricité, par exemple, afin de diminuer la demande urbaine. Mais le prix de ces énergies de remplacement doit être adapté aux revenus des familles, ce qui n'est pas toujours le cas.

Perspectives pour l'économie arboricole

La tendance générale d'évolution du parc arboré africain est à la dégradation. Nous venons de le voir. Il existe cependant des efforts pour aller à l'encontre de cette dégradation. Voici quelques pistes.

Respect des arbres traditionnellement associés aux champs familiaux

Dans les régions de savanes, défrichées de longue date, les populations avaient souvent maintenu plusieurs espèces d'arbres utiles dans les grands champs. Mais dans les décennies récentes, ces arbres ont souvent été éliminés ou n'ont pas été remplacés:

- ⇨ des **programmes de modernisation** agricole peu soucieux de la préservation des milieux écologiques ont exigé l'élimination des arbres traditionnels,

179 Bois et santé des femmes

La coupe incontrôlée et intempestive du bois aux alentours des villages crée des problèmes de santé féminine importants. Les femmes doivent en effet aller au loin pour chercher le bois de chauffage familial, alors que des coupeurs de bois et des charbonniers partent vers la ville avec de pleines charrettes.

Le transport de lourds fagots sur la tête ou sur le dos crée des problèmes de santé dans la tête et la colonne vertébrale, parfois les yeux.

Le temps très long consacré à la quête du bois ne peut servir à d'autres tâches ménagères, agricoles ou commerciales. Les malaises corporels liés aux transports trop pesants sont peu favorables à l'activité économique et sociale.



- ⇨ le **commerce du bois** vers les villes s'est développé et des propriétaires n'ont pas hésité à vendre leurs arbres,
- ⇨ les **conceptions foncières** dans beaucoup de milieux ne permettent pas les remplacements nécessaires lorsque des arbres âgés ou exploités disparaissent,
- ⇨ **les valeurs et les connaissances traditionnelles relatives aux arbres** se perdent. Elles sont de moins en mois transmises d'une génération à l'autre.



Dans ces grands champs traditionnels du Sénégal, les baobabs jardinés en hauteur apportent la diversité alimentaire ainsi que des produits commerciaux complétant la production céréalière. La présence des arbres tempère le microclimat des champs. Les ressources économiques provenant du baobab compensent la diminution relative du rendement des cultures sous-jacentes.

181 L'*Acacia albida*

L'*Acacia albida* est un arbre traditionnellement associé aux grands champs dans de nombreuses régions africaines. Il est particulièrement utile pour l'agriculture et l'élevage.

- Son **feuillage** se développe en saison sèche, il disparaît en saison des pluies.
- Le feuillage et les gousses de l'arbre servent de **fourrages en saison sèche**, au moment où tous les autres fourrages ont été consommés, sont brûlés ou desséchés.
- En saison sèche, il crée de l'**ombre pour le sol**, les hommes et les animaux. Son ombre ne gêne pas les cultures au cours de l'hivernage.
- Il perd ses feuilles au moment des mises en culture. Son feuillage **nourrit le sol**.



- Les **céréales cultivées se développent mieux** au pied de l'arbre qu'à distance.
- Ses **racines enrichissent le sol**. La fertilité est plus grande à l'intérieur de l'assiette racinaire (le cercle des racines) qu'à l'extérieur.
- Les racines de l'*Acacia albida* exploitent le sol autant en surface qu'en profondeur. Certaines s'enfoncent très profondément dans le sol, pour aller y **puiser l'eau** nécessaire durant la saison sèche.



Autour de ce fromager, arbre traditionnel d'Afrique de l'Ouest, un bosquet de neems produit des perches et du bois de chauffage.

Des prises de conscience s'imposent quant à la nécessité de maintenir et de développer les ressources arboricoles dans les terroirs, d'abord en respectant les traditions arboricoles, ensuite, en mettant en pratique des plans de reconstruction rationnelle du couvert arboré.

Les illustrations **180** à **183** nous présentent plusieurs cas de l'intérêt qu'il peut y avoir à préserver les espèces traditionnellement associées aux grands champs.

En zone de forêt, les travaux de défrichement étaient, **pour les cultivateurs**, une lutte permanente contre la végétation arborée. Les arbres étaient plutôt des éléments qu'il fallait combattre pour arriver à cultiver. Seuls les grands arbres dont les troncs sont trop volumineux pour être attaqués avec des outils rudimentaires étaient préservés. Étant donné la luxuriance des forêts et la recrudescence rapide des jachères, les défricheurs n'avaient pas de perception claire des destructions qu'ils occasionnaient dans le milieu.

Une attention plus grande aux contextes forestiers existait **chez les populations vivant de la forêt et de la chasse**, plutôt que de l'agriculture. C'est le cas par exemple des populations pigmées vivant encore actuellement dans les grandes forêts d'Afrique centrale.

Dans les zones où subsistent des forêts plus ou moins denses, une perception des **techniques de défrichement les moins destructrices** de l'environnement devrait se développer. Ces techniques ont à tenir compte des principes suivants:

- ❒ **respect des souches d'espèces spontanées productives**, légumières, fruitières, fourragères, fertilitaires ou médicamenteuses, au moment des abattages,
- ❒ **limitation de l'usage des feux**, et contrôle de ceux-ci, afin de préserver les espèces utiles,
- ❒ **établissement de plans d'exploitation à moyen et long termes, pour la défriche**. Il s'agit alors de stabiliser les espèces spontanées utiles et de leur associer progressivement des espèces agricoles. La photo **183**, prise dans l'ouest de la Côte d'Ivoire, montre le cas réussi d'une telle intégration. Les grands arbres forestiers ont été maintenus en place. Des cacaoyers et des bananiers ont été plantés sous le couvert des grands arbres. Les espèces herbacées de la forêt restent présentes sous les arbres et sont régulièrement rabattues pour qu'elles ne gênent pas les arbres cultivés.

Concluons en disant ici qu'il est intéressant d'analyser, dans chaque cas, les avantages et les inconvénients du maintien ou de l'installation d'arbres dans les champs et les terroirs, sous diverses formes: dissémination, alignements, clôtures vives, massifs, placeaux, etc.

Création de champs et jardins multiétagés denses

Les techniques de plantations monospécifiques sont les plus appréciées des planteurs industriels. Mais les pratiques fondées sur la biodiversité peuvent être très performantes sur le plan des économies familiales et de la sécurité alimentaire. Des champs et des vergers multiétagés peuvent se construire à partir des ressources arborées présentes sur le terrain au moment des défrichements (comme indiqué ci-dessus), ou être construits de toute pièce, d'année en année (184).



Champ multiétagé construit sur une défriche forestière, en Côte d'Ivoire

Création de vergers et de plantations

Certaines productions arboricoles s'insèrent quasi exclusivement dans des filières commerciales. Ces filières présentent l'intérêt de créer des revenus monétaires importants. Le caféier, le cacaoyer, le théier, le quinquina (187), l'hévéa qui produit le caoutchouc (185), le palmier à huile (186), le manguier, l'avocatier, les agrumes, sont par exemple dans ce cas.



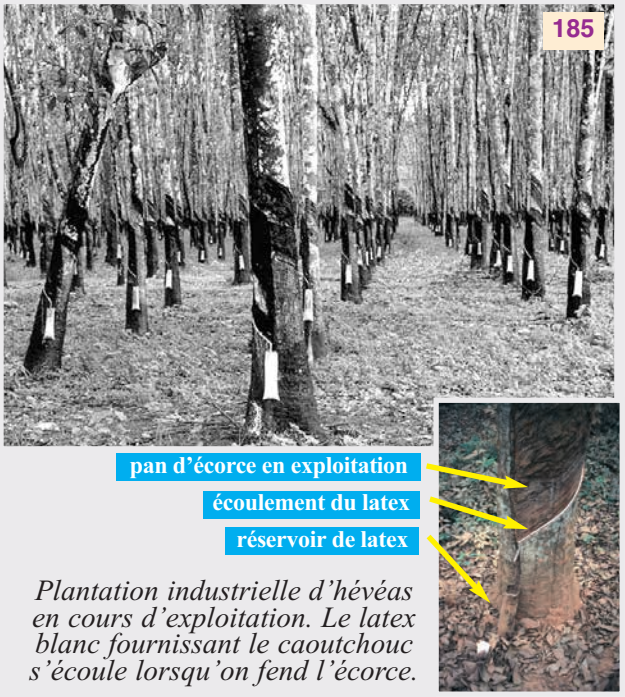
Jardin de case multiétagé au Burkina Faso. On y trouve de nombreuses espèces: bananier, palmier, papayer, oranger, vernonia, manioc, igname, ananas, tomate cerise, gynandropsis,...

Dans le cadre de ces filières, les sociétés commerciales, les services techniques et les chercheurs privilégient souvent les plantations monospécifiques, plus faciles à exploiter et à contrôler sur le plan sanitaire. Elles occupent alors des superficies assez vastes.

Si elles sont très bien intégrées dans les filières de commercialisation, les exploitations familiales peuvent avoir intérêt à développer les plantations monospécifiques.

Boisements

La photo 188 présente un **BOISEMENT** d'eucalyptus. Ce mot est utilisé en Afrique pour caractériser des parcelles consacrées à des espèces productrices de bois, à la différence des **VERGERS** qui sont des plantations d'arbres fruitiers. Les espèces plantées dans les boisements sont souvent à croissance rapide. L'eucalyptus et le neem ont la cote en Afrique sahélienne ou soudanienne. On les plante pour la production de perches et de bois de chauffage. En Afrique centrale, avec l'eucalyptus, on trouve le cyprès, le grévilier, le pin,...



Plantation industrielle d'hévéas en cours d'exploitation. Le latex blanc fournissant le caoutchouc s'écoule lorsqu'on fend l'écorce.



Plantation familiale de palmiers à huile basses-tiges au Cameroun

Les boisements peuvent occuper des parcelles, comme sur la photo **188**, ou être établis de façon linéaire le long des limites de propriétés ou des chemins et des routes (**189**). Cette dernière solution est intéressante car elle prend moins de place. Les arbres peuvent occuper les remblais incultes que l'on trouve souvent le long de ces axes routiers. On peut aussi établir des boisements linéaires sur ou le long des diguettes de pierres ou de terre.

La technique du **boisement monospécifique** est souvent préconisée par les services techniques forestiers. Mais il existe des modes de boisement associant plusieurs espèces, les unes à croissance lente, les autres à croissance rapide. La création de haies composées d'espèces diversifiées est une façon positive d'améliorer l'économie des exploitations familiales. La biodiversité des haies est intéressante. Elle permet d'obtenir toutes sortes de produits utiles: feuilles, fruits, médicaments, bois. Bien conçue, une haie contribue à la fertilité du sol.



Plantation de quinquina (Cinchona ledgeriana.) au Kivu (R.D.Congo). L'écorce de cet arbre sert à la fabrication de la quinine (produit antipaludéen) et de nombreuses boissons (schweppes, tonic). Les pieds sont ici très serrés car ce sont exclusivement les troncs qui intéressent le planteur.

L'entretien de **BOSQUETS** au milieu des champs est pratiquée dans certaines régions, comme ici dans l'ouest du Burkina Faso (**190**). Des bosquets de neem sont disposés dans les champs pour être exploités régulièrement, soit comme bois de chauffe, soit comme perches pour les toitures.

Plantation d'arbres fourragers

Dans les zones pastorales sèches, sahéliennes par exemple, il est intéressant de planter des espèces fourragères. Elles surplombent soit les champs, soit les pâturages. Ici, nous voyons une plantation de gonakiers et leurs gousses fourragères (**191** et **192**).

Programmes d'habitat nécessitant des ressources en bois local

La mise en œuvre de programmes d'habitat est un encouragement pour le développement de la production arboricole à moyen et long termes. Il accroît la demande en bois d'œuvre et en perches pour les constructions. Si celles-ci se font en briques et en tuiles cuites, la demande en bois de chauffage pour les fours est importante et encourage la production de bois.

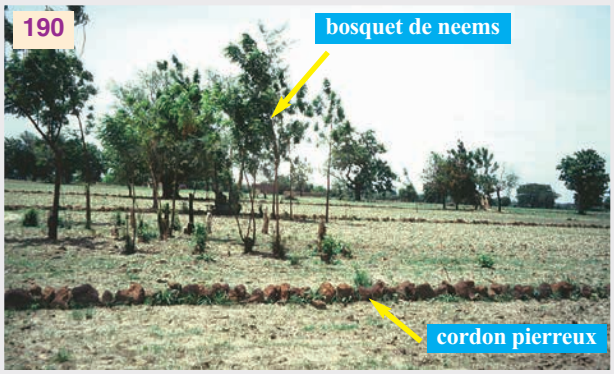
Au Rwanda, par exemple, un vaste programme allant



Deux types de boisements d'eucalyptus: massif à gauche, linéaire à droite.



dans ce sens a été organisé par les autorités. Des zones entières se sont transformées, tant en ce qui concerne les modes de construction que pour ce qui est de l'arborisation des campagnes précédemment dénudées. Une politique bien menée dans un secteur économique et social - ici l'habitat - peut avoir des effets très appréciables sur l'économie arboricole.



Bosquets de neems en plein champ, pour la culture du bois. Les baliveaux sont coupés en début de saison pluvieuse, et les racines superficielles sont raccourcies. La production satisfait les besoins familiaux et une partie est vendue.



Cette plantation de gonakiers, au Mali, fournit principalement des fourrages sous forme de feuilles et de gousses, ainsi que des épines pour les clôtures.



Notes

193 Le bois d'œuvre: une production à long terme

Le sciage du **bois d'œuvre** n'est possible que sur des **grumes**, c'est-à-dire des troncs d'un diamètre important. L'obtention de grumes telles que celle dont on voit le découpage ici, prend de nombreuses années. Faute d'avoir planté assez d'arbres au cours des décennies passées, les scieurs se contentent actuellement trop souvent d'exploiter les ressources forestières naturelles, sans se préoccuper de l'avenir.


sciage d'une grume avec une tronçonneuse



Quelles sont les espèces d'arbres caractéristiques du milieu? Leurs fonctions? Leur intérêt économique pour la vie familiale et le commerce? Quels sont les enjeux économiques et sociaux pour l'autosuffisance économique des familles, et des femmes en particulier? Quelle place les arbres occupent-ils dans les paysages: haies, bocages, bosquets, boisements? Cette place est-elle suffisante par rapport aux besoins familiaux? Quels sont les éléments traditionnels ou modernes qui influencent positivement ou négativement l'économie des arbres? Sur le plan culturel, sur le plan de l'organisation sociale ou administrative? Quelles sont les souffrances endurées par les arbres du fait des comportements humains, de l'élevage, des feux, des pratiques agricoles?



Chapitre 13
Le rôle des arbres dans l'écologie des terroirs

Les arbres créent des microclimats souvent appréciables pour la vie des hommes, des animaux et des autres plantes. Lorsque les rayons du soleil nous frappent et nous éblouissent, nous recherchons leur ombre. Nous nous y réfugions aussi lorsqu'une forte pluie se met à tomber.

Nous allons aborder dans ce chapitre le rôle écologique joué par les arbres dans les micro-milieux des champs et des jardins familiaux. L'érosion par les pluies et les vents, la température des terres, la vie des sols et leur fertilité, sont autant d'éléments que la présence des arbres peut influencer au bénéfice ou au détriment de l'agriculture.

Nous introduisons ici ces sujets, mais ils sont abordés plus en profondeur dans d'autres chapitres. Ils sont également bien développés dans le livre *"Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique"*.

Parlons succesivement des avantages et des inconvénients de la présence des arbres dans les champs.

Les avantages

Les arbres brisent l'énergie de la pluie

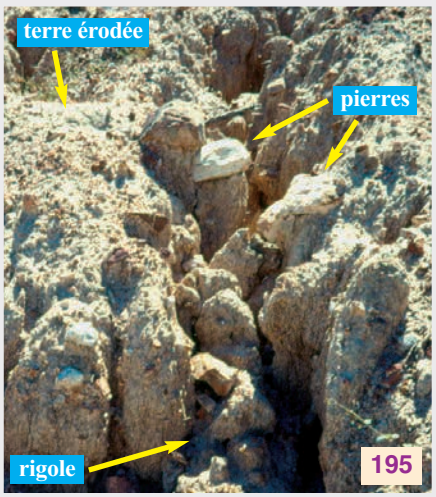
Les gouttes de pluie qui tombent de très haut sur le sol nu, à grande vitesse, sont la plus importante cause d'érosion de la terre, car elles cognent violemment les petites mottes de sol. Celles-ci se brisent partout où elles ne sont pas protégées. C'est le **splash** dont nous parlons au chapitre 18.

Nous voyons sur la photo **195** le travail de pluies successives. Elles ont rongé le sol et l'ont emporté. Toutefois, nous voyons que l'érosion par le splash ne s'est pas manifestée sous des cailloux. Ils ont constitué par endroits une protection efficace contre le choc des gouttes.

Quand des végétaux, et en particulier des arbres, amortissent la chute des gouttes avant qu'elles ne frappent le sol, ils protègent également celui-ci. Les gouttes d'eau en chute libre dépensent leur énergie sur les feuilles avant de rouler sur le sol (**367**). La photo **196** montre comment une litière souple de feuilles mortes protège le sol. Si nous les soulevons après une forte pluie, nous constatons très peu d'érosion directe par cette pluie. Les feuilles agissent comme un parapluie souple au-dessus du sol. Les chapitres 18 et 19 sont consacrés à cette question.

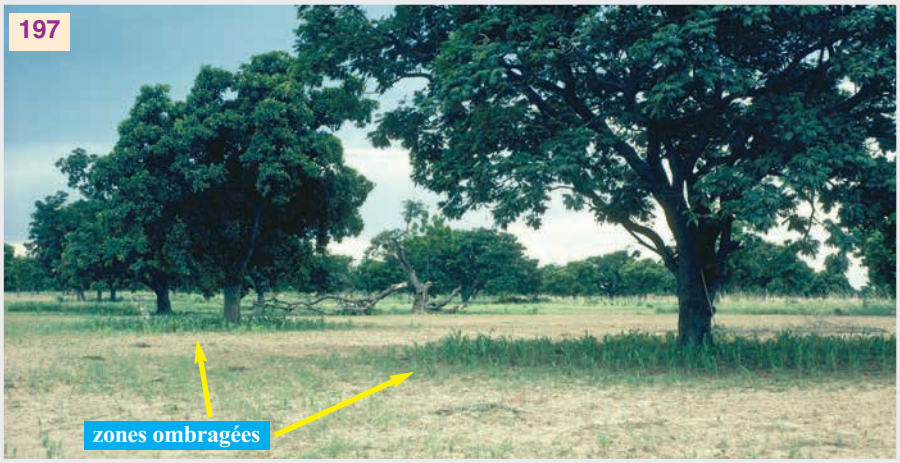
Les arbres protègent les sols contre l'insolation directe

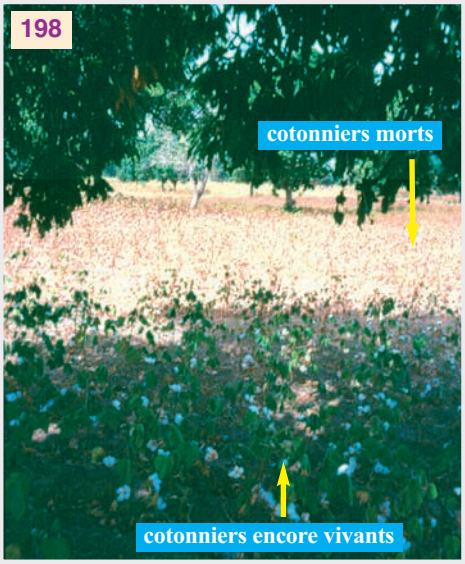
Le feuillage des arbres **empêche les rayons du soleil de frapper directement la surface du sol**. Celui-ci s'échauffe moins sous les arbres que là où il est pleinement exposé. Le dessèchement est moindre à l'abri et la vie du sol est moins gênée par la chaleur. Deux photos illustrent cela. La photo **197** montre comment évolue l'ombre d'un arbre. Elle est située à l'ouest du tronc, lorsque le soleil se lève, et à l'est lorsqu'il se couche. L'ombre légère et le plein ensoleillement des





A gauche, ce sont des petites pierres qui protègent le sol contre les gouttes de pluie; à droite, ce sont les feuilles de haricot qui atténuent le choc des gouttes sur le sol. A une autre échelle, les arbres jouent le même rôle pour la protection des sols.







*Les arbres créent un ombrage dont l'emplacement évolue en cours de journée. La fraîcheur créée par cet ombrage se manifeste sur le développement des plantes sous-jacentes qui sont plus vertes sous les arbres qu'en dehors de leur couvert (**197**). De même, les plants de coton sont encore verts sous les karités alors qu'ils sont déjà secs tout autour, en fin d'hivernage (**198**).*

*Les massifs d'arbres tels que celui de la photo **199** offrent une ombre tournante aux cultures, durant les journées ensoleillées.*

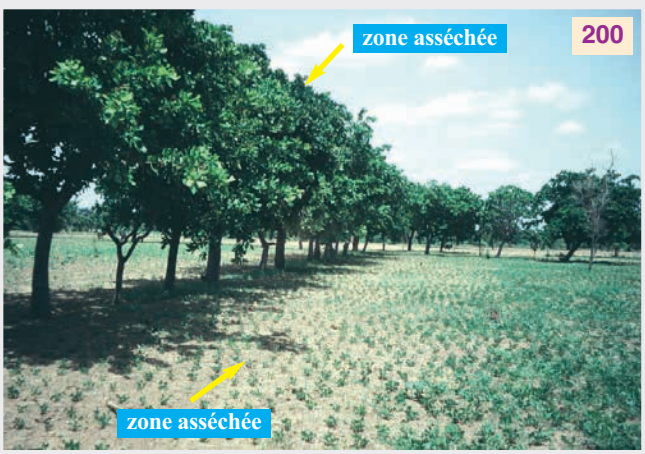
cultures évoluent au cours de la journée, occasionnant pour les plantes des périodes plus fraîches et plus chaudes.

La photo **197** montre également l'effet de l'ombrage sur le développement des plantes sous les arbres. On voit que le mil est plus élevé au pied des arbres qu'à l'extérieur de la zone ombragée. De même dans le champ de coton de la photo **198**. A l'arrière, les pieds sont entièrement desséchés alors que les tiges sont encore vertes sous les karités. Elles poursuivent donc plus longtemps leur cycle de vie sous ces arbres économiquement très utiles. Cela s'explique par la plus grande fraîcheur du sol à l'ombre et donc la plus forte humidité. Les plantes, moins échauffées, se flétrissent moins vite.

Des stratégies de plantation organisant les arbres de façon à **faire alterner les périodes d'ombre et d'ensoleillement**, au niveau du sol, sont intéressantes pour l'exploitation familiale. Cela peut se faire de deux façons:

- ⇨ l'ombre tourne **autour** d'arbres isolés,
- ⇨ l'ombre se déplace **d'un coté à l'autre d'un alignement** d'arbres.

Les arbres constituant les alignements ne doivent cependant pas concurrencer les plantes pour l'eau et les aliments, comme dans le cas que nous voyons à la photo **200**. La ligne d'anacardiers a manifestement un effet desséchant sur les portions de terre proches.

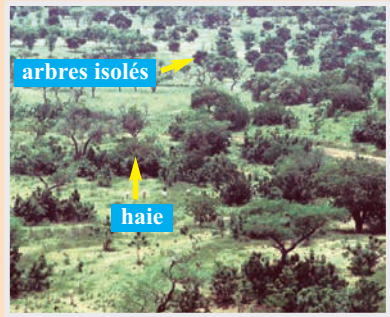


Telle qu'elle se présente ici, la ligne d'anacardiers (cajou) entre en concurrence avec les arachides voisines. Les racines des arbres puisent beaucoup d'eau. Les vents accélèrent en dessous des cimes. Cela provoque l'assèchement du sol au détriment des cultures voisines.

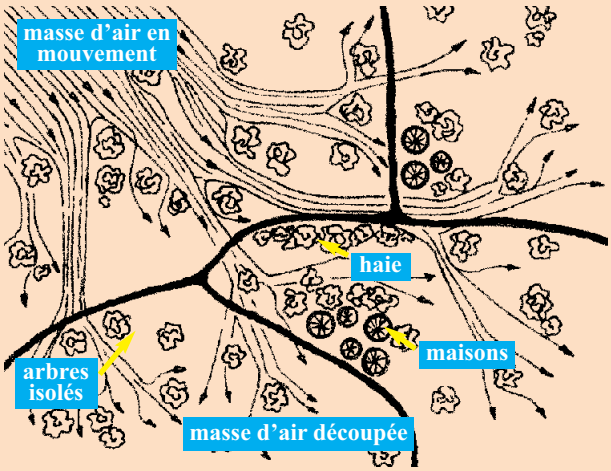
Les arbres brisent l'énergie du vent

Sur la photo **201**, on voit un terroir parsemé d'arbres. Ceux-ci découpent les masses d'air en mouvement et les ralentissent. La force du vent est brisée par la succession des obstacles que représentent les arbres. La figure représente comment cela se passe.

201 ***Les arbres découpent et affaiblissent les vents***



En disposant bien les arbres et les haies, on protège les villages et les cultures contre la violence des vents.



Les haies d'arbres limitent l'érosion hydrique

Bien établies sur des terres en pentes, les haies sont efficaces pour lutter **contre le ruissellement** des eaux:

- ⇨ la présence de déchets végétaux et de branchettes, au pied de la haie, rend le **sol plus perméable** que dans les parties cultivées dont le sol est battu par la pluie. L'eau ruisselante s'infiltre donc plus facilement dans la terre;
- ⇨ les racines des arbres et des arbustes créent des **galeries dans lesquelles l'eau peut pénétrer** et s'infiltrer en profondeur;
- ⇨ sous les arbres, la **faune du sol** est plus active qu'à leur écart. Elle creuse des galeries qui, elles aussi, favorisent l'infiltration de l'eau;
- ⇨ même si l'eau passe à travers la haie, elle y **perd de la vitesse et sa force érosive diminue**.

Si des espèces herbeuses basses, touffues et entremêlées se développent aux pieds des arbres, l'effet anti-ruissellement est accru. Nous reprendrons ces points au chapitre 19.

Les arbres favorisent la vie du sol

La plupart des plantes saisonnières ou annuelles puisent leur nourriture dans une couche de sol de 20 à 30 centimètres d'épaisseur. Elles y développent la majeure partie de leurs racines. Une faible proportion s'enfonce plus en profondeur, jusqu'à 40 ou 50 centimètres. Seule une minorité d'espèces annuelles développe des racines à une plus grande profondeur.

C'est donc dans la couche arable que doivent se trouver les aliments des plantes cultivées saisonnières.

Là où existe une bonne concentration d'arbres, nous trouvons généralement des sols plus vivants que là où les arbres ont disparu, y compris en saison sèche. Dans ces lieux, les racines des arbres s'enfoncent plus profondément dans le sol et de façon plus permanente que celles des cultures saisonnières. Les déchets des arbres tombent à la surface du sol et s'y décomposent.

Sous les arbres, la vie existe donc à des profondeurs plus grandes que sous les cultures saisonnières. C'est ce qui explique que certains arbres développent leur feuillage en pleine saison sèche, alors que les couches superficielles du sol sont entièrement desséchées.

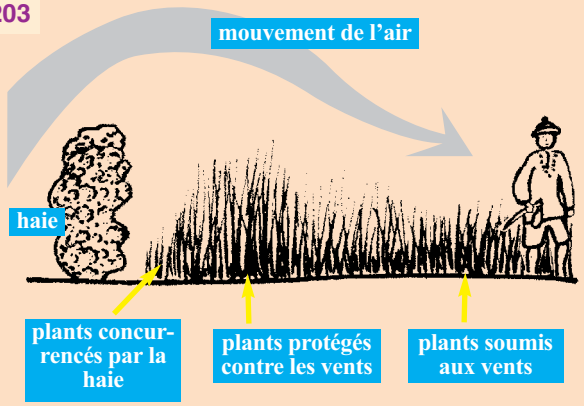
Le sol est une partie du milieu de vie des plantes. Il y a toujours une forte **interaction entre les caractéristiques du sol**, et surtout la vie qui s'y déroule, **et la présence des arbres**. Nous reprendrons ce point plus loin lorsque nous parlerons des arbres fertilitaires.



202

La haie située à gauche crée un micro-climat favorable au manioc planté à côté. Il y a moins de vent et la haie produit des éléments fertilitaires.

203



Les effets négatifs à la proximité immédiate d'une haie sont parfois compensés par les effets positifs à quelques mètres de distance.

Les inconvénients

Au-delà des avantages présentés par les haies vives sur les plans écologique et économique, il existe des inconvénients. Ceux qui sont généralement soulevés par les cultivateurs sont les suivants:

- les haies et les arbres servent de **gîtes** à une faune qui s'attaque aux cultures: rongeurs, insectes, oiseaux, chauves-souris, vers, etc.;
- les racines des arbres s'étendent parfois en largeur et **concurrencent** les espèces cultivées. Les plantes se développent parfois moins bien à proximité d'une haie, mais mieux quelques mètres plus loin.
- les arbres et les haies **captent l'eau de pluie** dans leur feuillage. Le sol situé aux pieds des arbres et le long des haies reste sec lorsque la pluie n'est pas intense et ne se prolonge pas;
- **sous certains arbres, la végétation disparaît** complètement.

Ces inconvénients sont réels. C'est pourquoi, d'une part ils doivent être évalués en rapport avec les avantages offerts sur les plans économique et écologique, et d'autre part ils peuvent être compensés par des pratiques adéquates comme celles qui sont relevées ci-dessous.

Pratiques d'exploitation arboricole

Il existe toute une série de **pratiques d'exploitation et d'entretien** des haies, des arbres, et de leur système écologique:

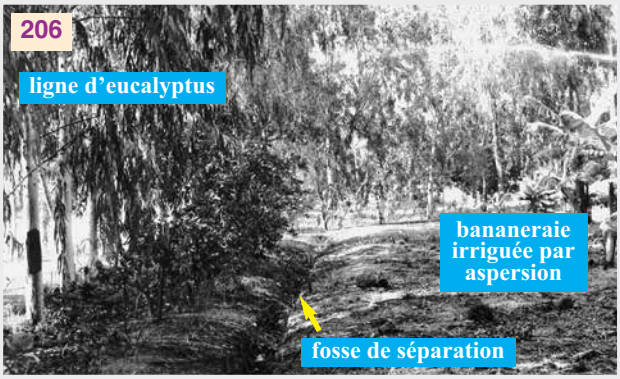
- **tailles de production** visant à favoriser les rameaux florifères et fructifères, ou la croissance de perches ou de fûts élevés. Ces tailles doivent être faites proprement, sans blesser les arbres. La photo **204** montre une ligne d'arbres très bien exploités en début de saison pluvieuse;
- **tailles d'entretien** visant à éliminer les vieux bois, les rejets sauvageons, les espèces indésirées envahissant les pieds;
- **élagages** des branches d'arbres ou de haies de façon à **ouvrir l'espace entre les arbres** pour laisser passer la pluie et la lumière (**205**);
- **tailles racinaires** consistant à sectionner des racines s'éloignant trop des arbres. On peut aussi créer une fosse pour forcer l'arbre à enfoncer ses racines plus profondément. On évite que ces racines n'entrent en concurrence avec celles des plantes poussant dans leur voisinage immédiat (**206**);
- **lutte ciblée** contre certains éléments dangereux pour les cultures, par exemple contre une espèce bien précise d'oiseaux, de rongeurs, d'insectes;



Cette ligne de neems est bien exploitée: taille propre et régulière, en début de saison pluvieuse, afin que les nouveaux bourgeons soient bien nourris de sève.



Les arbres de ce champ ont été élagués afin de laisser passer la lumière jusqu'au niveau des plantes herbacées (ici, le coton).



Une fosse est creusée le long de la ligne d'eucalyptus afin d'empêcher leurs racines de s'allonger vers les bananiers proches.

- **renforcement des auxiliaires de culture**. Certains peuvent éventuellement être introduits dans les haies où ils ne sont pas présents (oiseaux de proies, coccinelles, guêpes, margouillats, grenouilles, serpents non vénimeux, caméléons, etc.).

L'exploitation des haies est le plus souvent manuelle, mais il y a des moyens de mécaniser certaines opérations, par exemple avec des débroussailleuses pour entretenir leur base, ou avec des tronçonneuses lorsqu'on veut abattre les perches.

Certains arbres dessèchent le sol en surface. Il faut donc éviter de les associer aux cultures annuelles dans les régions où l'eau peut manquer. Mais on plante aussi des arbres avides d'eau pour assécher des sols trop humides et y favoriser la culture. Certains eucalyptus peuvent jouer ce rôle.

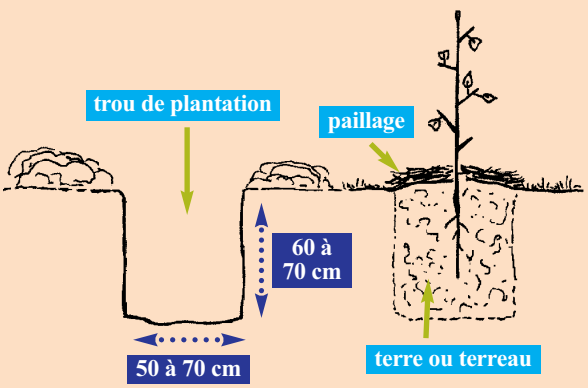
Le tableau **207** résume les questions qu'on peut se poser concernant l'implantation d'arbres et de haies dans les terroirs familiaux.

207 Comment estimer le rôle des arbres dans un terroir familial?

Installer et entretenir des arbres et des haies sur les terres des exploitations familiales se fait pour plusieurs raisons. Quelles sont-elles?

- Ralentir les **vents**, diminuer l'érosion éolienne?
- Ralentir le **ruissellement** des eaux, diminuer l'**érosion** hydrique?
- Favoriser l'**infiltration** des eaux de pluies ou d'arrosage en profondeur le long des racines?
- Produire de la **matière organique fertilisante**?
- Fournir des **produits** utiles pour la consommation ou le commerce (fruits, fourrages, bois, médicaments, etc.)?
- Créer un **microclimat** ombragé et frais?
- Servir d'habitat pour des **auxiliaires des cultures**?
- Favoriser la **biodiversité**?
- **Fixer les terres** en pentes fortes?
- **Clôturer** les terres?

208 Planter des arbres et les protéger



Planter de façon à donner de l'espace aux racines

Protéger en bas et en hauteur



Protection en tressage



Protection montante contre les grands animaux (bœufs, chevaux, ânes), en matériaux de récupération

Quelle est l'importance écologique des arbres sur notre terroir? Comment remplissent-ils leurs rôles? Quels sont les avantages et les inconvénients de leur présence? Comment renforcer les avantages et diminuer les inconvénients? Par rapport à chaque objectif, quelles sont les espèces les plus intéressantes?



Partie 5
Le sol

Le **SOL** est la couche de terre dans laquelle se développent les racines des plantes, la microfaune, les micro-organismes. Le sol **ARABLE** est la partie du sol utilisé par les plantes agricoles. C'est celui qui est travaillé par les outils tels que la houe, les charrues, les butteuses.

Le **SOUS-SOL**, comme son nom l'indique, est situé sous le sol. La vie ne s'y développe que peu ou pas.

La **PÉDOLOGIE** est la science complexe qui s'intéresse au sol. Elle se fonde sur plusieurs méthodes:

- l'**observation directe** du sol: à la vue, au toucher, à l'odorat,
- l'observation de sa **composition physique** et **cristallographique**. La cristallographie est la science qui s'occupe des minéraux lorsqu'ils se trouvent sous forme de cristaux (comme le gros sel de cuisine, par exemple);
- les **analyses chimiques** qui se font avec des techniques de laboratoire,
- les **analyses biologiques** qui se font sur le terrain ou en laboratoire.

Nous allons nous intéresser surtout à l'observation directe car elle est possible par tout un chacun. Ceux qui souhaitent approfondir un peu plus certains aspects chimiques consulteront le livre *"Les chemins de l'eau"* ou les ouvrages de Dominique Soltner relevés dans l'annexe bibliographique.





Fouiller le sol pour l'observer, le "sentir" et constater la relation avec les plantes. En haut, la corète potagère, en bas, l'igname.

Pour observer le sol, nous allons devoir le **regarder** à l'œil nu, à la loupe, au microscope. Nous allons le **toucher**, le **presser**, le **mélanger à l'eau**. Parfois, le **goûter** pour en percevoir la salinité. Nous devons aussi le **creuser** et le **fouiller** pour observer les différentes couches de sol et leur occupation par les racines (chapitre 14).

Parfois, il est suffisant de gratter le sol à la main ou avec un couteau comme on le voit sur les photos **210** et **211**. La première montre les racines d'un plant de corète potagère, la seconde, celle d'un pied d'igname.

En procédant de la sorte, on a voulu observer le sol, et aussi voir la relation existant entre les plantes et le sol.



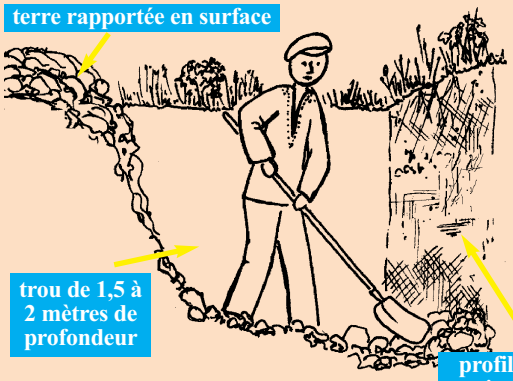
Profil d'un sol sous un champ de sorgho. On y voit plusieurs couches de terre dont la texture et la structure sont différentes.

Pour connaître plus à fond le sol et ce qui y vit, on procède à des **coupes profondes** (212, 213) Elles peuvent dépasser la hauteur d'un homme. Elles se font dans des endroits où le sol est naturel, c'est-à-dire qu'il n'a pas été dérangé par des travaux, ni mélangé à des matériaux rapportés. Ce faisant, on peut observer le **PROFIL** du sol à un endroit donné.

Une des faces du trou est coupée verticalement. On la gratte doucement avec la main ou avec un couteau de façon à observer tout ce qui s'y trouve. On veille à dégager les racines en profondeur de façon à mettre en évidence la façon dont elles occupent l'espace du sol et du sous-sol.

La photo 212 montre une coupe dans le sol sous un champ de sorgho. On distingue les racines de cette plante qui ont été dégagées de la terre qui les entourait. En y regardant de près, on peut observer les différentes couches du sol. Nous approfondirons ce point au chapitre 15.

213 ***Observer le profil d'un sol***



Pour procéder à de bonnes observations, on veille à tailler bien droit une face de la fosse. On fait attention à ce que les différentes couches ne se mélangent pas. On essaie de ne pas abîmer les racines des espèces poussant à la surface, en bordure du trou ainsi qu'en profondeur.

Chapitre 14
La composition du sol



Les matières ou les matériaux composant le sol sont présents sous des formes plus ou moins grossières (cailloux, déchets de feuilles, de branchettes, de coquilles, sable, gravier,...) ou fines (argile, colloïdes, humus, etc.).

Lorsqu'on veut analyser la composition du sol, on parle de **FRACTIONS**. Une fraction peut être **solide**, **liquide**, **gazeuse**, **minérale**, **organique**, etc. Nous allons passer en revue ces différentes fractions.

Pour cela, l'œil n'est pas toujours suffisant, une loupe simple ou une loupe binoculaire sont utiles ou nécessaires pour observer les aspects physiques des matériaux. Des instruments de laboratoire sont nécessaires pour les analyses chimiques.

La figure 218 établit une comparaison. Le sol est en effet à l'image d'un mélange préparé au pilon en vue de cuisiner un plat.





Les loupes manuelles comme celles qu'on voit à gauche permettent de grossir de 2 à 12 fois les objets observés. On les approche de l'œil, comme on le voit à droite.



Les loupes binoculaires peuvent grossir jusqu'à 30 fois.

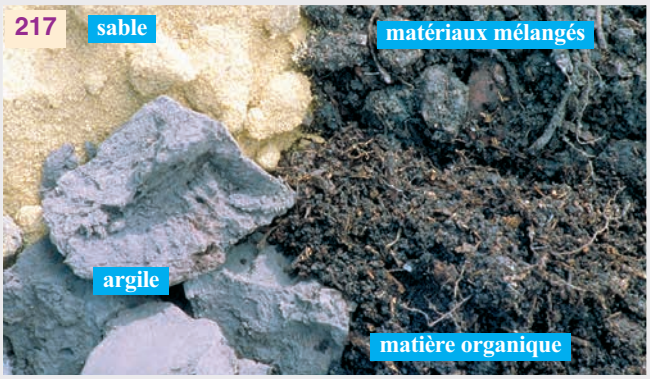
Une partie du sol est solide

La partie solide du sol est celle qui lui donne son **volume**. C'est elle qui sert de **substrat** sur lequel les plantes s'établissent. Distinguons-y:

- la **fraction minérale** composée de pierres, de cailloux, de sable, de limon, d'argiles, de sels minéraux, de colloïdes d'origine minérale;
- la **fraction organique** composée de déchets végétaux ou animaux grossiers ou fins, des déchets de micro-organismes vivant dans le sol, d'humus, de colloïdes d'origine organique.

La photo **217** montre différentes fractions. Le sable et l'argile purs se trouvent à gauche. En bas à droite, on voit les amas de matières organiques. En haut à droite, on peut voir un mélange des trois composants.

Ce sont les proportions du mélange de composants qui détermine les qualités et la fertilité d'un sol.



Différentes fractions d'un sol

Une partie du sol est gazeuse

Entre les particules de sol, il y a des espaces assez fins. Ce sont les **PORES**.

De l'eau ou des gaz circulent constamment dans ces pores, ou y stagnent.

L'air est un **gaz**. Il contient de l'oxygène, de l'azote, du gaz de carbone, de la vapeur d'eau et d'autres substances gazeuses comme par exemple l'ammoniac dont l'odeur piquante et agressive est caractéristique (c'est celle que prend l'urine laissée à l'air libre durant quelques heures).

Ces gaz peuvent provenir de l'espace aérien, ou naître dans le sol lui-même du fait de la respiration des racines et des êtres vivants qui s'y trouvent.

Certains micro-organismes du sol dont nous parlons plus loin ne peuvent vivre sans air: ils sont dits **AÉROBIES**. D'autres n'ont pas besoin d'air: on les dit **ANAÉROBIES** et on les trouve plus particulièrement dans les sols qui sont constamment gorgés d'eau.

218 Un mélange comparable au sol



- maïs (gravier)
- sorgho rouge (sable)
- couscous de mil bouilli (argile)
- farine de maïs (argile)
- feuilles (déchets organiques)
- huile (humus)
- glu de gombo (colloïdes)
- natron (sels peu solubles)
- sel marin (sels solubles)
- coquilles d'œufs pilées (sels non solubles)
- eau

Selon les proportions d'éléments mélangés, et la façon de piloner, les mélanges sont différents

Une partie du sol est liquide

L'eau de pluie s'infiltre dans les fentes du sol, entre les particules solides. Une partie de l'eau ne fait qu'y passer pour s'échapper dans la profondeur de la terre, vers les nappes d'eau ou les sources. On parle de l'**eau LIBRE**. C'est elle qui s'écoule lorsqu'on prélève une motte de terre et qu'on la presse un peu. Une autre partie s'accroche aux grains solides et plus particulièrement aux grains de limon, d'argile et de matières organiques. On parle de l'**eau FIXÉE**. Quelle que soit la pression exercée, elle ne s'échappe pas.

L'eau qui se fixe sur les grains solides, comme celle qui s'écoule en profondeur, dissout des sels minéraux. C'est lorsque les sels minéraux sont dissouts dans l'eau que les racines peuvent les puiser.

Les plantes exploitent les **réserves en eau** du sol. Celles-ci dépendent de quatre choses:

- la quantité d'eau **qui est tombée** sur la terre et qui y a pénétré (on dit "percolé"),
- la quantité d'eau **qui est retenue** par les grains du sol,
- la quantité d'eau **qui est utilisée** par les plantes pour vivre,
- la quantité d'eau **qui s'évapore** dans l'air, sous l'effet de la chaleur.

Lorsqu'une forte pluie tombe sur un sol tout sec, les premières gouttes sont absorbées par les grains du sol. Ensuite, l'eau de pluie n'est plus retenue par ces grains. Elle se met à voyager dans les pores du sol et s'accumule dans les **NAPPES PHRÉATIQUES**, ou **NAPPES AQUIFÈRES**.

Une partie du sol est vivante

Il y a toujours de la vie dans le sol, aussi réduite soit-elle. Ce sont des micro-organismes, des insectes, des araignées, des vers, des limaces, des petits rongeurs et bien d'autres animaux. Ce sont aussi les racines des plantes. La vie est la plus intense dans les couches superficielles du sol. Nous en parlerons au chapitre 16.

La partie solide du sol

La fraction minérale

La fraction minérale du sol est composée de particules plus ou moins fines.

Les **cailloux**, les **graviers** (220) et le **sable** (221) sont formés de grains grossiers. Le **limon** et l'**argile** (222), les colloïdes et les cendres, sont formés de grains très fins. Les **sels minéraux** sont contenus dans ces matériaux. Ils sont puisés par les racines et constituent la nourriture des plantes. Ils sont souvent invisibles, parce qu'ils sont dissouts dans l'eau (comme le sel de cuisine qui se présente sous forme de cristaux, mais qui est invisible lorsqu'il est mélangé à l'eau).

Sable et argile: deux matériaux différents

Le **sable** est comme la pierre: ses grains sont formés comme des petits cailloux lisses. La figure 219 représente, à gauche, un grain de sable fortement grossi. L'eau peut s'étaler à la surface du grain, mais elle ne pénètre pas à l'intérieur.

L'**argile**, au contraire, "boit" l'eau et peut la stocker. Un grain d'argile est fait de nombreux feuillets, qu'on ne peut voir qu'avec un microscope électronique. Chaque grain est comparable à un livre dont les pages sont superposées. L'eau et les sels minéraux s'insinuent entre les feuillets et s'en échappent ensuite difficilement (figure 219, à droite).

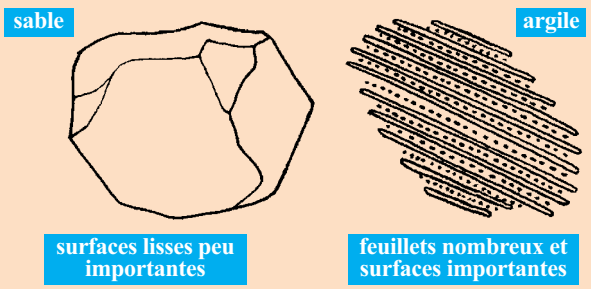
Si nous prenons une pierre, que nous la mouillons et que nous la laissons au soleil, elle sèche rapidement. Si, par contre, nous prenons un livre, que nous le laissons un moment dans l'eau, que nous le posons ensuite au soleil à côté de la pierre, nous voyons que l'intérieur du livre reste humide bien plus longtemps. Ses pages enferment de l'eau. Les fines lamelles empilées de l'argile enferment l'eau du sol de façon comparable.

Certaines terres argileuses gonflent lorsqu'elles sont humidifiées. Cela se passe ainsi parce que les grains d'argile absorbent beaucoup d'eau entre les feuillets. Lorsqu'ensuite il fait sec, l'eau s'échappe petit à petit par évaporation et l'argile se dégonfle. C'est à ce moment que le sol se fend ou se craquelle (224).

Les différences que nous venons de voir expliquent plusieurs phénomènes.

❒ Généralement, la **fertilité naturelle** des sols comprenant une bonne proportion d'argile est plus gran-

219 ***Grains de sable et d'argile***



L'eau s'étale à la surface des grains de sable, alors qu'elle pénètre à l'intérieur des grains d'argile comme entre les pages d'un livre.







de que celle des sols très sableux. Lorsque les fines racines s'approchent d'un grain de sable, elles ont vite fait d'épuiser la mince pellicule d'eau qui se trouve à sa surface ainsi que les minéraux nutritifs qu'elle contient en solution. Par contre, lorsqu'elles rencontrent des grains d'argile, elles y trouvent plus d'eau et de minéraux, en surface et à l'intérieur des grains.

- ❒ L'eau qui tombe sur une terre sableuse va s'y infiltrer plus rapidement que dans l'argile. Celle-ci, en effet, va absorber de l'eau dans ses grains et va gonfler. Ce **gonflement** provoque la fermeture des pores du sol et l'**imperméabilisation** de celui-ci. Plus tard, lorsque la masse argileuse se dessèche, elle va se fendiller (**224**).
- ❒ Lorsque les grains d'argile et les colloïdes migrent vers le sous-sol, emportés par l'eau qui s'infiltre, ils vont s'accumuler à une certaine profondeur. Cette **accumulation en profondeur** va créer une barrière plus ou moins imperméable.
- ❒ Nous comprenons aussi pourquoi les terres argileuses de **bas-fond restent plus humides** que les terres de plaine ou de pente durant les périodes sèches.
- ❒ Un sol très sableux est friable. L'énergie que les plantes doivent dépenser pour y enfoncer leurs racines est moins grande que pour pénétrer l'argile. Si celle-ci est sèche, la **pénétration** est quasi impossible.

Les sels minéraux

Les **SELS MINÉRAUX** du sol sont des substances chimiques qui sont incluses dans les grains de sable, d'argile ou de matières organiques, ou qui sont collés à leur surface. Certains d'entre eux constituent la nourriture des plantes. Les sels minéraux sont:

- ➤ **dissous** dans l'eau du sol,
- ➤ **fixés** sur ou dans les particules de sable, d'argile ou de matières organiques,
- ➤ **déposés** entre ces grains sous forme de cristaux ou de poudres.

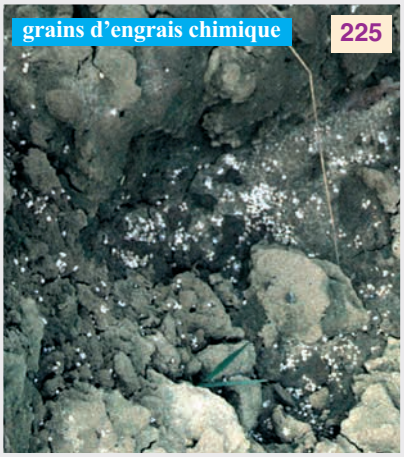
223 Distinguer un sol sableux d'un sol argileux?

Lorsqu'elle est humide, l'argile se travaille facilement entre les doigts. On peut en faire des petits serpents en la roulant. C'est avec l'argile qu'on fait des poteries. Le sable, au contraire, ne peut être travaillé. Il se désagrège immédiatement. Il n'est pas possible d'en faire des boudins, ni à sec, ni avec de l'humidité.

Entre un sol tout à fait sableux et un sol tout à fait argileux, on trouve toutes les variétés possibles de mélanges. On parle de sols sablo-argileux si le mélange contient plus de sable que d'argile, ou argilo-sableux si le mélange contient beaucoup d'argile et peu de sable.



Lorsque l'eau contenue dans cette argile s'évapore, celle-ci se rétracte. Des fentes apparaissent.



Les grains d'engrais se dissolvent dans l'eau et se mettent à circuler dans le sol. C'est dans l'eau que les plantes vont absorber les sels minéraux contenus dans l'engrais.

Les **engrais chimiques** sont des sels minéraux. Sur la photo **225**, on voit des grains d'engrais. Ils sont en train de se dissoudre. Les éléments chimiques qui les composent vont migrer avec l'eau et se répartir dans le sol.

Distinguons les minéraux **solubles** dans l'eau et les **non solubles**. La craie ou les coquilles d'huîtres, d'escargots ou d'œufs, la poudre d'os sont constituées de sels minéraux peu solubles. L'urée, les nitrates, la potasse, sont par contre solubles.

Les **cendres** sont des mélanges de sels minéraux et d'autres substances. Après le passage d'une pluie, on constate qu'une partie des cendres déposées sur le sol a été dissoute et emportée par l'eau, alors qu'une autre partie est restée sur place (**226** et **227**).

Les sels minéraux se transforment constamment sous l'influence du milieu et des autres substances chimiques qu'ils rencontrent.

- ➦ Ils **se dissolvent** dans l'eau, s'ils sont solubles. C'est la **DISSOLUTION**.
- ➦ S'ils sont dissous et que l'eau disparaît, les sels minéraux se déposent sous forme solide. C'est la **PRÉCIPITATION** ou la **CRISTALLISATION.** La photo **229** montre un dépôt de cristaux de sel qui s'est formé sur le sol lorsque l'eau d'une mare salée s'est évaporée à sa surface.





Les cendres contiennent des sels minéraux utiles aux plantes. A gauche, avant le passage de pluies; à droite, après leur passages

- Ils se transforment lorsqu'ils rencontrent d'autres types de substances chimiques, comme des **ACIDES** ou des **BASES**. Le vinaigre, par exemple, est un acide. Il est capable de dissoudre et de transformer la craie. L'ammoniac ou la soude caustique sont des bases.
- Ils **sont transformés aussi par les êtres vivants**. L'escargot par exemple puise dans ses aliments le calcaire dont il a besoin pour fabriquer sa coquille. Les plantes consomment des sels minéraux et les incluent dans leurs organes. Le milieu vivant est un très actif transformateur de sels minéraux.

Les sels minéraux du sol, les engrais ou les cendres, sont composés d'éléments plus simples (atomes) tels que le potassium, le calcium, l'aluminium, le cuivre etc. Le tableau **228** relève les éléments les plus importants pour l'alimentation des plantes.

Les éléments nutritifs — *228*

Nom de l'élément	et abréviation
Azote	**N**
Phosphore	**P**
Potassium	**K**
Calcium	Ca
Magnesium	Mg
Soufre	S
Sodium	Na
Cuivre	Cu
Fer	Fe
Manganèse	Mn
Zinc	Zn
Bore	B
Molybdène	Mo

230 *Constater la présence de sels minéraux dans l'eau du sol*



Une petite expérience permet de constater la présence de sels minéraux dans l'eau du sol.

On mélange fortement une bonne quantité de terre avec un volume d'eau, puis on récupère l'eau par filtrage sur un filtre très fin.

On chauffe l'eau dans une soucoupe pour la faire évaporer. Lorsque toute l'eau est évaporée, on constate la présence du sel au fond de la soucoupe.

Les pédologues disposent d'outils de laboratoire précis pour mesurer la quantité de sels présents dans le sol, et leurs caractéristiques.

Les trois premiers éléments chimiques relevés sur ce tableau sont nécessaires en grandes quantités. Le carbone (C), l'azote (N) et l'oxygène (O), que les plantes puisent dans l'air ou dans le sol, peuvent s'allier entre eux. Les éléments suivants du tableau sont nécessaires en petites quantités pour le bon développement des plantes. On les appelle **OLIGO-ÉLÉMENTS,** ou **MICRO-ÉLÉMENTS**. Il est possible que le développement d'une culture soit compromise parce qu'un seul des oligo-éléments ne se trouve pas dans le sol. L'absence de tel ou tel oligo-élément est souvent un facteur limitant du rendement agricole. La trop forte présence de l'un d'eux peut aussi gêner la culture.



Cristaux de sel formés lors de l'évaporation d'eau à la surface d'un sol

Les colloïdes

Les colloïdes sont des matières extrêmement fines qu'on trouve dans le sol. Ce sont des mélanges complexes de matières d'origines minérales et organiques. Leur présence est essentielle pour la fertilité.

On trouve les colloïdes sous plusieurs formes, soit en **SUSPENSION** dans l'eau, soit en grains "**floculés**" de très petites dimensions. Leur forme diffère selon le niveau d'acidité du sol. Ils sont "**peptisés**" lorsque le

sol est peu acide et **floculés** si le sol est acide. Dans le premier cas, ils se déplacent avec l'eau de ruissellement ou d'infiltration, dans le second, ils sont retenus par les grains de sable et d'argile. **PEPTISATION** et **FLOCULATION** sont des phénomènes réversibles.

Une comparaison simplifiée est possible: celle de la glu du gombo qui enveloppe des grains de riz, et celle du lait qui caille lorsqu'on y ajoute du vinaigre. La première ressemble à des colloïdes peptisés, la seconde à des colloïdes floculés.

Deux photos nous permettent de nous rendre compte de ce que sont les colloïdes. La première (231) montre des colloïdes peptisés en suspension dans l'eau d'une flaque. La seconde nous montre un amas de colloïdes floculés (232).

Une simple maquette sur laquelle on verse de l'eau au moyen d'un arrosoir permet de constater la migration des colloïdes, lorsque l'eau ruisselle (233).

Compte tenu de leur finesse et de la façon dont ils peuvent rester "suspendus" dans l'eau, **les colloïdes migrent facilement**. Lorsqu'ils sont entraînés par l'eau qui ruisselle, le sol perd une partie de sa fertilité. Lorsqu'ils sont emportés par l'eau qui s'infiltre en profondeur, le sol perd une partie de sa fertilité au bénéfice du sous-sol où ils s'accumulent.

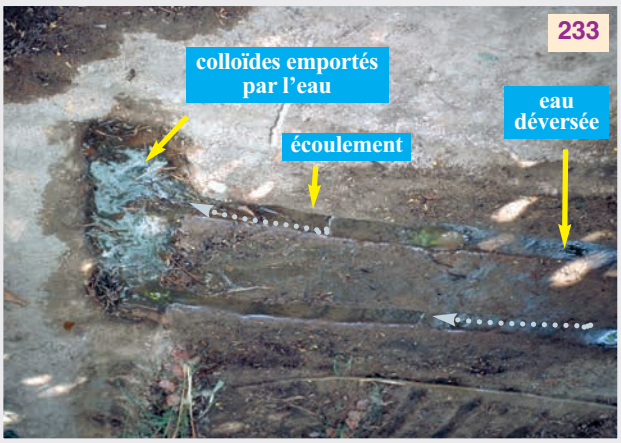




Colloïdes peptisés (en haut) et floculés (en bas)

La fraction organique

Elle est formée par les **déchets de tout ce qui vit** au-dessus et en dessous de la surface du sol. Ce qui vit, ce sont les plantes, les animaux vivant à la surface de la terre ou sous elle, les vers de terre, les termites, les larves, les champignons, les mousses. Ces êtres-là sont visibles. Mais il y a aussi tous ceux qui sont invisibles à l'œil nu. Nous en connaissons l'existence car nous voyons leurs effets: pourriture ou moisissure, maladies des plantes, des animaux et des hommes. Ce sont les **MICRO-ORGANISMES** qu'on ne peut voir qu'au moyen d'un **microscope** (chapitre 16).



Pour constater la présence de colloïdes, une petite maquette établie à même le sol suffit. On y verse de l'eau avec un arrosoir. On voit apparaître une mousse blanchâtre formée par des colloïdes. Elle s'accumule dans la petite fosse.

Les excréments et les cadavres de tous ces êtres vivants pourrissent dans le sol et se transforment progressivement en **HUMUS**. Nous pouvons reconnaître cette matière à sa couleur noire ou brun foncé, en particulier aux endroits où le sol est couvert d'une épaisse couverture de feuilles mortes, de fumier animal ou de déchets de ménage. Ne le confondons pas avec des cendres noirâtres.

La matière organique et l'humus sont, comme les argiles et les colloïdes, une excellente source de nourriture pour les plantes. Elles sont des **matières recyclées** contenant tous les éléments qui étaient contenus dans le corps des plantes et des animaux morts ayant fabriqué ces matières.

Le fraction organique du sol est en constante transformation: elle pourrit, elle est consommée par les êtres vivants, elle se décompose plus ou moins vite, contrairement à la fraction minérale qui est beaucoup plus stable.

La texture d'un sol

On parle de **TEXTURE** d'un sol pour caractériser la **proportion de ses différentes fractions**. Le petit tableau **236** donne un exemple de texture.

Pour observer la composition et la proportion des éléments, il faut nécessairement les **séparer**, les **trier** et **peser** chacun d'eux. Cela se fait en laboratoire, si on veut être très précis.

Mais on peut aussi procéder à des observations avec des moyens simples. On mélange un échantillon de terre avec une grande quantité d'eau (3 ou 4 fois le volume de terre) dans une bouteille transparente. On secoue longuement et fortement pour décoller toutes les particules les unes des autres. Puis, on laisse reposer pendant une heure ou deux. Le résultat est celui qu'on voit sur la photo **235**, interprétée au tableau **236**.

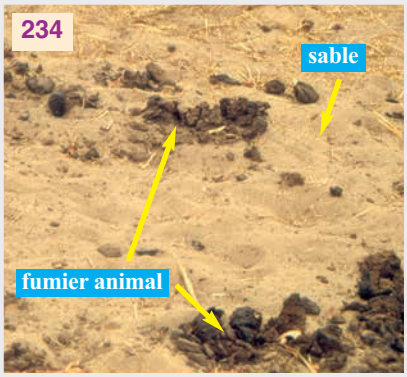
Dans le flacon, on repère aisément les éléments que l'eau ne dissout pas. Par contre, les éléments solubles, dissous dans l'eau, ne sont pas visibles. Si on sépare l'eau des matières visibles et qu'on la fait évaporer, les sels se déposent sous forme de poudre ou de cristaux (**230**). Les éléments gazeux dissous s'échappent dans l'air avec la vapeur de l'eau chauffée.

Le tableau **237** détaille ces observations. Elles sont importantes pour comprendre ce qui arrive lorsque l'eau se met en mouvement. **Tout ce qui flotte ou qui est suspendu dans l'eau sera plus facilement entraîné par le ruissellement que les éléments grossiers et lourds.**

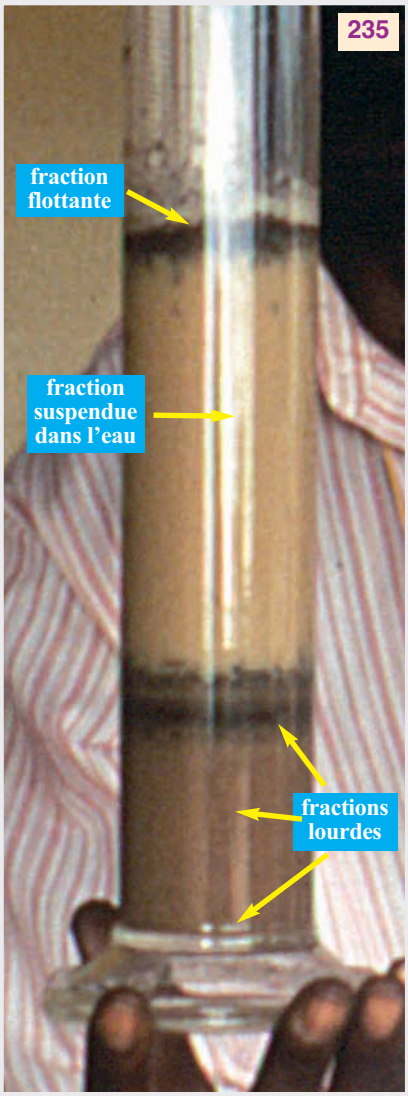
236 **Texture d'un sol**

Texture d'un échantillon de sol exprimée en % de son poids sec

graviers et cailloux	7%
sable et graviers fins	58%
limon	12%
déchets végétaux	2%
humus	3%
argile fine, argile très fine, colloïdes	18%
Total	100%



Déchets organiques animaux



Les différentes fractions du sol se déposent en couches successives dans l'eau, selon le poids des grains qui les composent.

La structure d'un sol

On parle de **STRUCTURE** d'un sol pour caractériser la façon dont ses différentes fractions sont organisées entre elles. Essayons de représenter différentes structures et de comprendre celles qui sont les plus intéressantes pour l'agriculture (**238**). Dans les photos du tableau, les médaillons représentent plus en détail la structure du sol correspondante, telle qu'on pourrait l'observer à la loupe.

Un sol sableux est dit léger (**239**). Les grains de sable sont entassés les uns sur les autres sans ordre. L'espace entre les grains laisse passer l'eau et l'air. Les racines pénètrent sans difficultés. Mais les grains de sable ne retiennent bien ni l'eau, ni les sels minéraux. Les sols sableux sont donc pauvres, à moins que ne leur soient associées de bonnes quantités d'humus ou de fumier.

La photo **240** représente un **sol argileux**. Les grains sont beaucoup plus petits que dans le sol sableux. Ils sont formés de feuillets comme nous l'avons dit plus haut. Ce sol est plus riche en aliments pour les plantes que le précédent. Mais les racines doivent dépenser plus d'énergie pour y croître, car il y a très peu de place entre les grains d'argile. On dit que ce sol est **lourd et compact**.

Lorsque le sable et l'argile sont mélangés, l'eau et les racines y pénè-

237 ***Tri des matériaux du sol dans la bouteille*** *(photo 235)*

	genre de matériaux	grosseur	poids	comportement
❑	*quelques déchets de feuilles, bois, fumier animal*	*grossiers*	*légers*	*ils flottent*
❑	*une mousse blanchâtre formée de matières appelées colloïdes*	*extrêmement fine, quasi impalpable, légèrement collante*	*légère*	*elle flotte*
❑	*de l'argile très fine qui trouble la transparence de l'eau*	*les particules sont extrêmement fines*	*elles ont presque le même poids que l'eau*	*elles sont "suspendues" dans l'eau*
❑	*un dépôt d'argile brune*	*les particules sont très fines*	*plus lourdes que l'eau*	*elles tombent lentement*
❑	*une couche d'humus noire*	*particules mélangées, fines et très fines*	*plus lourdes que l'eau et l'argile*	*elles tombent plus vite que l'argile et moins vite que le sable*
❑	*une couche de sable et de limon*	*particules plus grosses*	*lourdes*	*elles tombent rapidement au fond*
❑	*des graviers*	*grossiers*	*lourds*	*ils tombent les premiers au fond*
❑	*des sels minéraux*	*ultra fins et invisibles*		*ils se dissolvent dans l'eau*

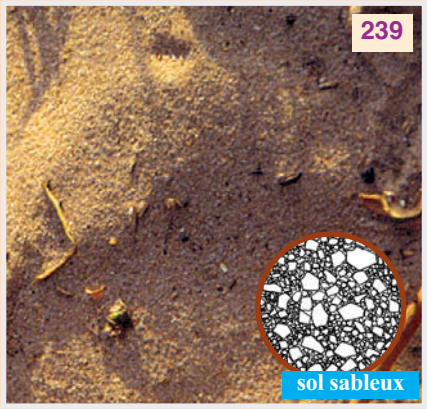
trent plus facilement. Un sol enrichi par l'argile et ameubli par le sable peut être travaillé sans trop de difficultés. Il est plus intéressant pour l'agriculture que les deux précédents. Il est encore plus intéressant si de la matière organique et de l'humus y sont mélangés.

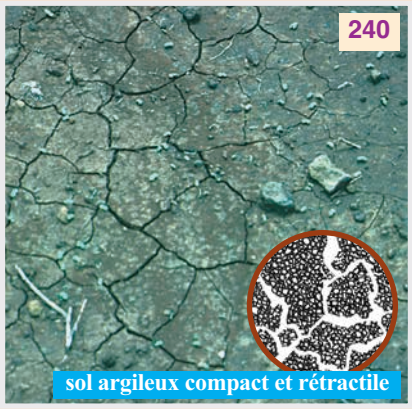
Pour l'agriculture, la **meilleure structure** du sol est **GRUMELEUSE**, c'est-à-dire faite de grumeaux. Ceux-ci sont formés par le mélange intime de sable, d'argile, d'humus, de colloïdes et de matières organiques qui forment ensemble de petites boulettes entre lesquelles l'eau, l'air et les racines peuvent circuler facilement (241, 243 et 244). Dans ces grumeaux, les colloïdes jouent le rôle de liant ou de colle, agglutinant les autres matériaux.

Du point de vue agricole, **la meilleure structure du sol est celle qui comprend**:

- ✚ une **fraction sableuse** donnant du volume au sol. Elle laisse des espaces pour le passage de l'eau, de l'air et et des racines;
- ✚ une **fraction argileuse et limoneuse**, volumineuse également mais composée de façon plus compacte, qui contient une réserve d'éléments minéraux abondants qui sont libérés lentement dans l'eau du sol, au bénéfice des racines;
- ✚ une **fraction organique** composée de déchets végétaux et animaux dont la décomposition est déjà avancée;

238 Différentes structures de sols













Les sols argileux compacts sont riches en minéraux, mais difficilement pénétrables par les racines. Ils gardent de l'eau en réserve. Les sols sableux et gravillonnaires sont facilement pénétrés par les racines, mais leurs réserves minérales sont faibles et ils retiennent peu l'eau. Les meilleurs sols sont ceux qui sont composés d'un mélange d'argile, de sable, de gravier et de matières humiques.

- une **fraction colloïdale**. Les colloïdes agissent comme un ciment, en collant les autres éléments entre eux;
- une **fraction humique** d'origine organique agissant comme ciment, de la même façon que les colloïdes, et libérant des matières nutritives pour les plantes;
- une certaine quantité de **sels minéraux** directement puisables par les racines des plantes;
- une certaine quantité d'**eau**.

Tout est une question d'**équilibre entre les diverses fractions du sol**. Le meilleur rapport entre les racines des plantes cultivées et le sol est obtenu, en général, dans la **diversité de ces fractions**.

La structure du sol détermine sa **PÉNÉTRABILITÉ**, c'est-à-dire la facilité avec laquelle les racines peuvent s'enfoncer dans le sol. En effet, pour germer et s'installer dans le sol, les plantes doivent y faire pénétrer leurs racines. Cela demande de l'énergie.

Si le sol est trop compact ou trop dur, la pénétration racinaire se fait difficilement ou pas du tout. C'est le cas par exemple dans le sol latérisé de la photo **245** ou dans le sol compacté de la photo **246**.

Par contre, les jeunes racines s'enfoncent facilement dans le sol du tableau **247,** qui est constitué de grumeaux.

Pour estimer la pénétrabilité d'un sol, on peut procéder comme indiqué au tableau **248**.

Tous les travaux du sol préalables aux semis ou aux plantations d'arbres ont pour but d'améliorer la structure et la pénétrabilité du sol: **labours**, **buttage** et **billonnage**, établissement de **planches** maraîchères, **trous de plantation** des arbres, etc.

Si la pénétrabilité du sol est importante pour les plantes mises en culture, elle n'est évidemment pas un gage

de fertilité. Le sol d'une dune, par exemple, est très facile à pénétrer, mais il n'est pas fertile.

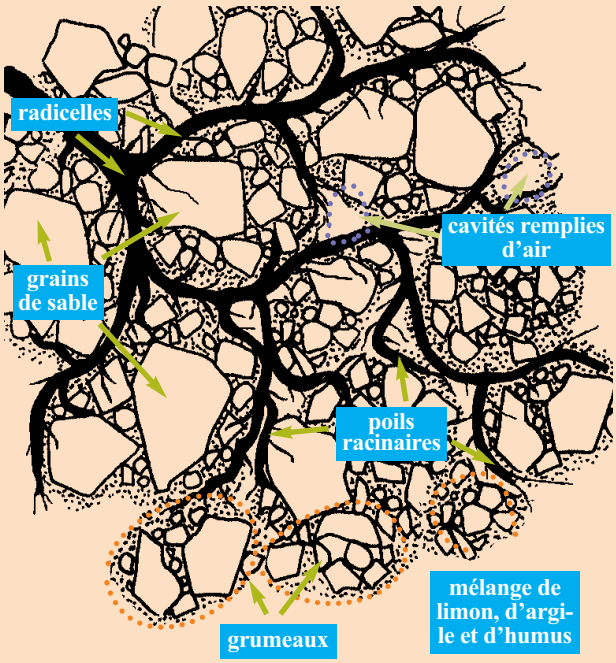
Ajoutons que le caractère meuble du sol et de sa couche superficielle est essentielle au moment de la **germination des graines**. Cela évite qu'elles ne doivent dépenser trop d'énergie avant d'émerger à l'air libre. Nous reviendrons sur ce point.





247 La relation entre racines et sol





Les radicelles se faufilent dans les fentes du sol. Elles développent des poils racinaires qui puisent les éléments minéraux dissous dans l'eau. A travers leur peau, les poils racinaires captent uniquement les minéraux dont la plante a besoin. Les radicelles captent également de l'air dans les cavités du sol.

248 Pénétrabilité du sol



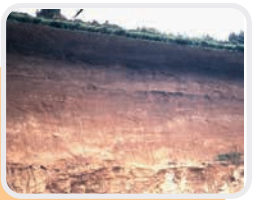


La pénétrabilité d'un sol peut être observée au moyen d'une lame qu'on y enfonce. La force appliquée sur le couteau est identique à gauche et à droite. A gauche, un sol compact, peu pénétrable par la lame, et forcément par les racines. A droite, un sol meuble facile à pénétrer grâce à la présence de matières organiques.

La pénétrabilité diffère selon l'humidité du sol.

Quelle est la composition de notre sol? Sa texture? Quelles structures de sols rencontrons-nous? La pénétrabilité des sols de nos champs est-elle satisfaisante pour les développements racinaires? Les graines arriveront-elles facilement à germer?

Notes



Chapitre 15
Les couches du sol et du sous-sol

Sol, sous-sol et roche-mère

Si nous creusons le sol et le sous-sol jusqu'à une certaine profondeur, nous rencontrons des couches successives. Leurs compositions, leurs structures, leurs couleurs, leurs aérations ou leurs porosités sont différentes. Elles sont formées de quantités plus ou moins grandes de pierres, de graviers, de sable, d'argile ou de limon.

Le sol se transforme sous l'influence des facteurs biotiques et abiotiques. Ces facteurs sont moins actifs dans le sous-sol dont les caractéristiques évoluent en général plus lentement que celles du sol.

La **photo 249** présente une coupe dans un sol et un sous-sol du Burkina Faso (le long d'une route récemment construite). On y distingue plusieurs grandes couches.

En bas, des roches dures, blanches ou roses, sont assez compactes, mais des fissures laissent passer une partie de l'eau de pluie qui a traversé le sol.

En haut, on voit que la terre est noire et occupée par les racines de plantes. Une vie intense s'y est développée. La couleur noire est celle de l'humus qui est né là de la décomposition des matières végétales et animales.

Entre le sous-sol et le sol noir, on remarque une couche de couleur brun rouge. Sa texture, sa structure et sa couleur dépendent de **plusieurs actions**:

- celle de l'**eau** et de l'**air** qui y circulent,
- celle des **réactions chimiques** qui se passent là sous l'influence des variations de température et d'humidité,
- celle des **matières organiques** qui sont amenées là par l'eau d'infiltration et qui se décomposent.

L'observation détaillée de la coupe **249** montre que la couche de sol superficielle, occupée par les racines, a été **fabriquée sur place**, au cours du temps. Les racines et leurs radicelles ont rongé, fendillé, creusé des galeries, élargi des passages, bougé les matériaux en les repoussant. Là où elles se sont insinuées, elles ont laissé leurs déchets. Elles ont pourri. Toute cette activité a engendré le sol, au-dessus du sous-sol.

Dans d'autres cas, le sol est constitué par des matériaux arrachés sur les bassins versants, transportés par l'eau de ruissellement et **déposés** au-dessus d'un sous-sol tout à fait différent. Sur la photo **250**, on voit que le sol est composé d'une épaisse couche d'argile compacte. Elle est lourde et quasi imperméable à l'eau. Celle-ci ne peut s'infiltrer en profondeur, comme dans le cas précédent. Ce type de sols argileux et compacts se rencontre dans les vieux bas-fonds, là où se sont accumulées durant des millénaires les fines argiles transportées par les eaux ruisselant sur les flancs des terres voisines.

Toutes sortes de situations sont possibles, entre les sols formés sur place ou ceux qui sont constitués par des matériaux apportés par l'eau ou le vent.

La **ROCHE-MÈRE** est celle qui "enfante" le sol. C'est elle qui fournit la fraction minérale d'un sol au moment où il se forme sous l'influence des facteurs biotiques et abiotiques. La roche-mère peut se trouver **sur**



Coupe dans un sol et un sous-sol au Burkina Faso



Coupe dans un sous-sol de bas-fond formé d'argile compacte

place, sous le sol, ou se situer **à distance** de l'endroit où se trouve le sol, comme on vient de l'expliquer.

Certains sols n'ont **pas de roche-mère**. La photo **251** montre un sol tourbeux des Niayes (Sénégal). Il s'est formé au cours des millénaires par accumulation des déchets végétaux et animaux produits sur place. La présence permanente d'eau, d'acides et de sels a empêché l'air de pénétrer. Seuls les micro-organismes anaérobies ont pu vivre. Ils ont peu décomposé les déchets. Lorsqu'on draine et qu'on laisse entrer l'air dans ce sol, les micro-organismes aérobies s'installent et se mettent à décomposer les déchets organiques accumulés.

Le tableau **253** montre comment les agronomes, et plus spécialement les pédologues, établissent le **PROFIL** d'un sol afin d'en connaître les caractéristiques physiques et chimiques. Chaque couche est analysée sous l'angle de sa structure, de sa texture, de sa composition chimique. Les analyses chimiques se font en laboratoire.



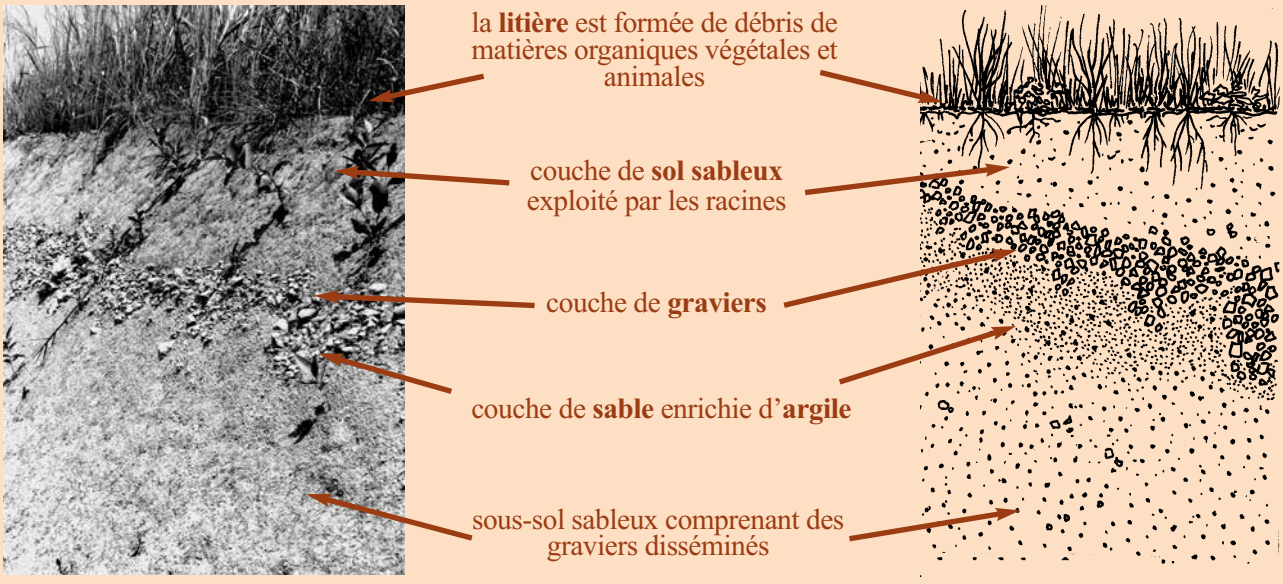


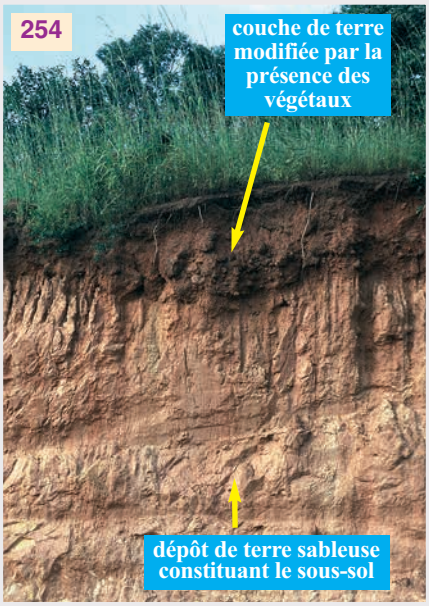
Sol tourbeux dans les Niayes (Sénégal), établi sur un terrain imperméable. Il n'y a pas de roche-mère, mais il y a eu accumulation de débris végétaux acides durant des siècles. Lorsqu'on draine ce type de sol, il se transforme rapidement et s'affaisse. L'agriculture qu'on pratique sur ces terres est peu durable.

L'analyse des profils intéresse l'agriculteur puisqu'elle permet de déterminer les espèces à cultiver, ainsi que les pratiques agricoles à mettre en œuvre. Les **questions** sont en effet nombreuses:

- les **racines pénètreront-elles facilement** dans le sol?
- **rencontreront-elles beaucoup de cailloux** ou un sous-sol compact?
- **l'eau et l'air circulent-ils facilement**?
- **où se situent les éléments fertiles** dans le profil? En surface ou en profondeur?
- **quelles pratiques** de labour ou de trouaison va-t-on mettre en œuvre **pour semer ou planter?**

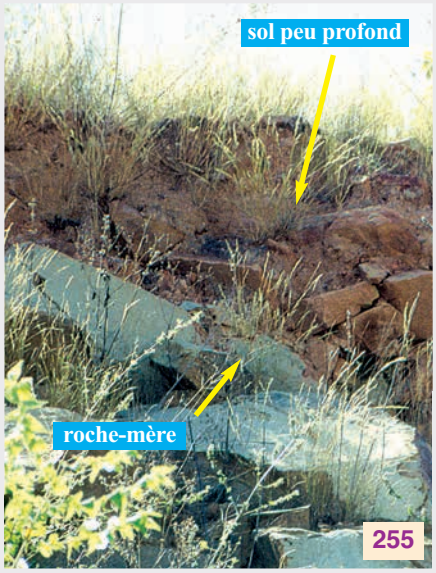
253 Observer les couches du sol

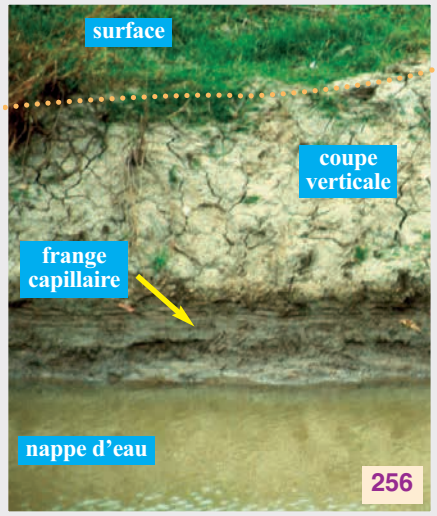




Sol profond établi sur une très épaisse couche de matériaux sableux (Rwanda)

Sol superficiel établi sur un socle de roches. Ce sont les racines des végétaux qui transforment lentement la roche.





Coupe dans le sol peu profond d'une rizière inondable. La nappe d'eau fluctue selon les phases de l'inondation artificielle, mais elle ne se situe jamais à plus de 50 à 70 centimètres de profondeur.

Sols profonds, sols peu profonds

La couche de sol dans laquelle s'enfoncent les racines peut être plus ou moins épaisse et pénétrable. Lorsqu'elle est épaisse et que les racines ne rencontrent pas d'obstacles importants, on parle de **SOL PROFOND** (254). Malgré la présence de quelques pierres, on voit que les racines sont descendues à plus de 60 cm de profondeur.

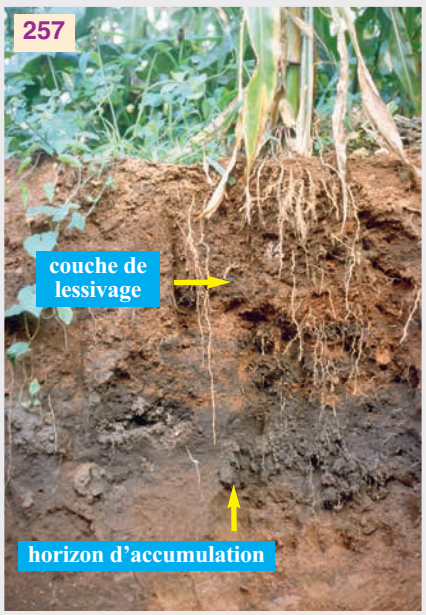
Voici par contre deux **SOLS PEU PROFONDS**. Dans le premier, la couche de sol, peu épaisse, repose sur un massif de rochers (255). Les racines ne s'y enfoncent qu'à quelques centimètres. Le sol est fragile, il faut peu de chose pour le détruire. Le labour mécanique est impossible. S'il faut cultiver ce sol, seul un semis à la houe peut y être exécuté prudemment.

Le sol de la photo 256 est, lui aussi, peu profond. Les racines qui s'y enfoncent rencontrent l'eau stagnante de la nappe d'eau à 60 centimètres. On voit la nappe au bas de l'image. Seules des plantes appréciant d'avoir les pieds dans des sols gorgés d'eau, sans air, peuvent s'enfoncer en profondeur. Pour cultiver ce type de sol, un drainage ou un sous-solage est nécessaire afin d'éliminer l'eau en excès.

Le sol, le sous-sol et les mouvements de l'eau

Au chapitre 18, nous allons étudier les mouvements de l'eau. Nous y parlerons de l'infiltration et de l'accumulation de l'eau de pluie dans les nappes phréatiques. Prenons un peu d'avance ici pour expliquer certains **effets** des mouvements de l'eau dans le sol:

- dès que l'eau s'infiltre dans le sol et y circule, **elle déplace des éléments**. Ce sont surtout des sels minéraux, des colloïdes, des grains d'argile fine, de l'humus;
- dans les couches où le mouvement de l'eau descendante est rapide, des matériaux fins sont **entraînés** dans les pores. Lorsque l'eau



Sels minéraux, cendres fines et humus se sont accumulés à environ 1,2 mètre de profondeur.

ralentit ou que les pores sont plus fins, ces matériaux sont **déposés** dans une couche plus ou moins épaisse;

➥ la présence de l'eau dans les couches du sol est favorable à une multitude de **transformations chimiques**.

On dit qu'il y a **LESSIVAGE** d'une couche de terre lorsque l'eau qui passe entraîne les éléments minéraux ou organiques. Tant qu'ils sont larges, les pores laissent passer assez facilement les éléments entraînés. Mais s'ils sont étroits, des particules sont bloquées et obstruent les pores, ce qui rend la couche imperméable.

Là où l'eau ralentit, elle dépose ce qu'elle transporte. Il se forme un **HORIZON D'ACCUMULATION**, ou couche d'accumulation.

On comprend que si l'**HORIZON DE LESSIVAGE** s'est appauvri en sels minéraux, l'horizon d'accumulation, lui, s'est enrichi.

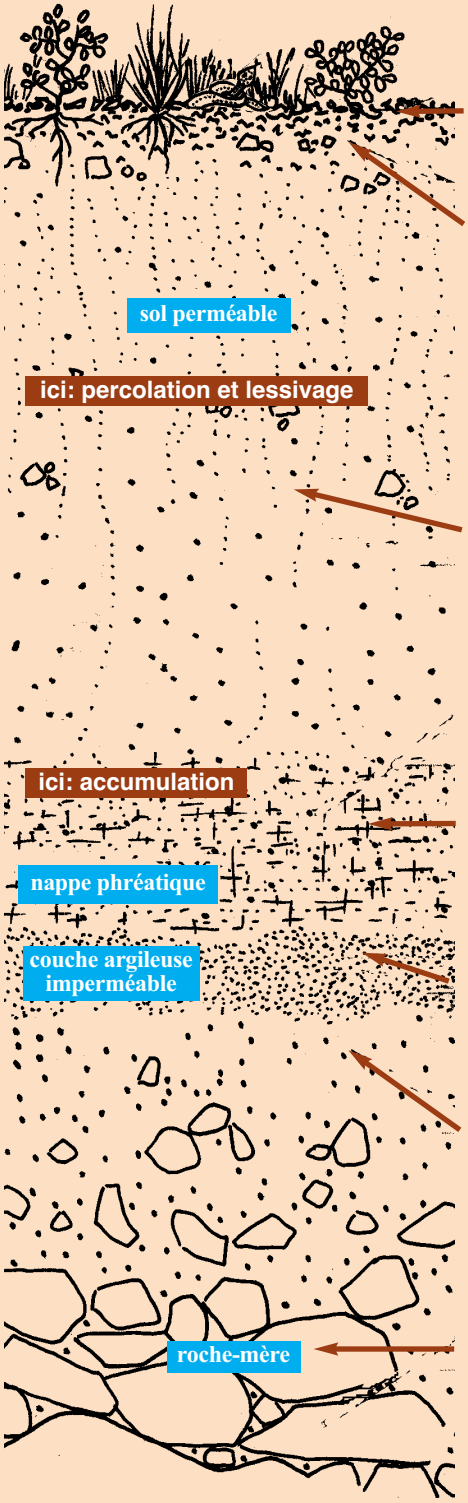
Sur la coupe du sol profond de la photo **257**, on voit une couche noirâtre, au bas de la photo. C'est un horizon d'accumulation. Les cendres et l'humus ont été enlevés par l'eau dans la couche supérieure et déposés dans la couche d'accumulation située environ 1,20 mètre plus bas que la surface du sol. La plupart des plantes saisonnières installent leurs racines dans une couche de sol qui n'excède pas 40 cm. Elles n'atteignent donc pas les couches d'accumulation situées plus bas. Certaines espèces d'arbres et de plantes pérennes sont par contre capables de prolonger leurs racines jusqu'à l'horizon enrichi, et d'en ramener une partie des sels vers la surface.



En creusant le puits, le puisatier a rencontré le dépôt d'argile fine accumulée en profondeur par l'eau de percolation.

259 Lessivage et accumulation en sol profond

Les couches de sol ne contiennent pas la même quantité d'eau et de sels minéraux



la **litière** recouvre le sol. Elle est faite de déchets de la matière vivante

sous la litière, une couche de quelques centimètres est occupée par un mélange de sable, d'argile, de colloïdes, d'humus et de sels minéraux. Les racines y sont abondantes

cette couche de sable et d'argile est appauvrie par suite du **lessivage**. L'eau entraîne les colloïdes et les sels minéraux en profondeur

dans cette couche, il y a accumulation d'eau et de sels minéraux, car l'eau ne peut plus continuer sa descente à cause de la couche imperméable qui se trouve en dessous. Cette couche est enrichie. C'est un horizon **d'accumulation**

cette couche est constituée d'argile, ses pores sont très fins. Elle est **imperméable**

sous l'argile, nous trouvons du sable.

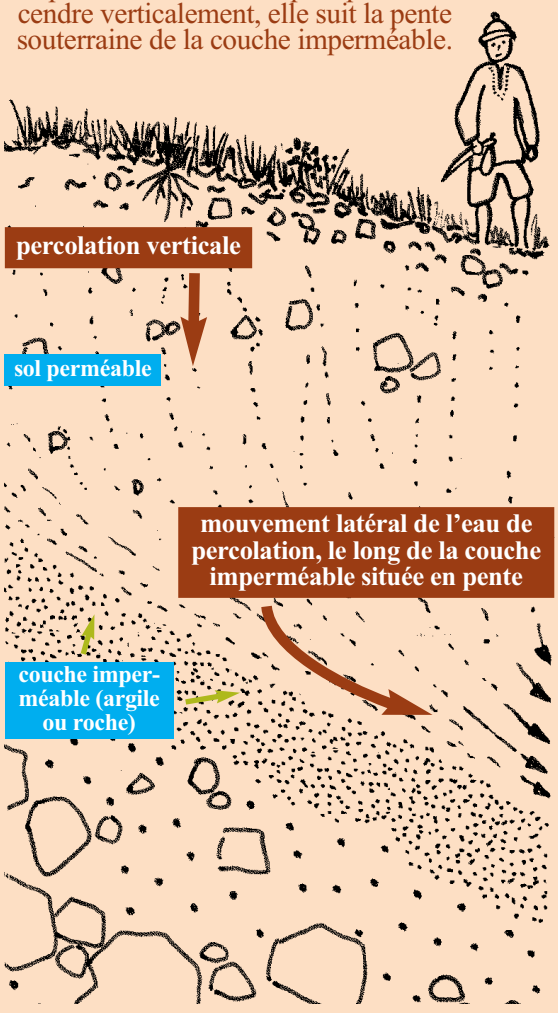
plus bas encore, dans le sous-sol, on trouve la **roche-mère**

Le puisatier qui creuse en quête d'eau rencontre successivement des horizons de lessivage et des horizons d'accumulation. Voici un puits (**258**). Lorsqu'en creusant, le puisatier a rencontré l'argile jaune (déposée autour du trou), il avait déjà les pieds dans l'eau de la nappe phréatique, là où, depuis de nombreux siècles, se sont accumulées les argiles.

La figure **259** représente ce que nous venons d'expliquer, pour un sol et un sous-sol profonds dont les couches sont disposées horizontalement (par exemple dans les vastes zones sableuses d'Afrique de l'Ouest). Cette figure explique le principe général, mais les situations diffèrent évidemment d'un lieu à l'autre.

260 Circulation latérale de l'eau en sous-sol

L'eau qui percole suit toujours la voie la plus facile. Si elle ne peut plus descendre verticalement, elle suit la pente souterraine de la couche imperméable.



261 Sol rocailleux



L'eau de pluie traverse très vite ce type de sol rocailleux et s'insinue dans les failles, entre les blocs de roches. On la retrouve plus bas dans le terroir, au niveau des sources ou des rivières souterraines.

La figure **260** montre l'exemple d'un sol profond dans lequel l'eau se déplace latéralement sur un horizon argileux en pente. Cette eau peut se déplacer soit vers une source, soit vers une nappe d'eau située plus profondément.

Dans les cas où le sol peu profond repose directement sur une roche fissurée, il n'y a pas d'horizon d'accumulation, car l'eau qui traverse le sol s'échappe directement dans les fentes de la roche (**261**). Les éléments captés par l'eau, dans la fine couche de sol, sont emportés dans des sources ou des nappes d'eau situées en contrebas des rochers. La fine couche de sol est facilement asséchée puisque l'eau de pluie ne s'y arrête pas et qu'elle est soumise à l'évaporation de surface.

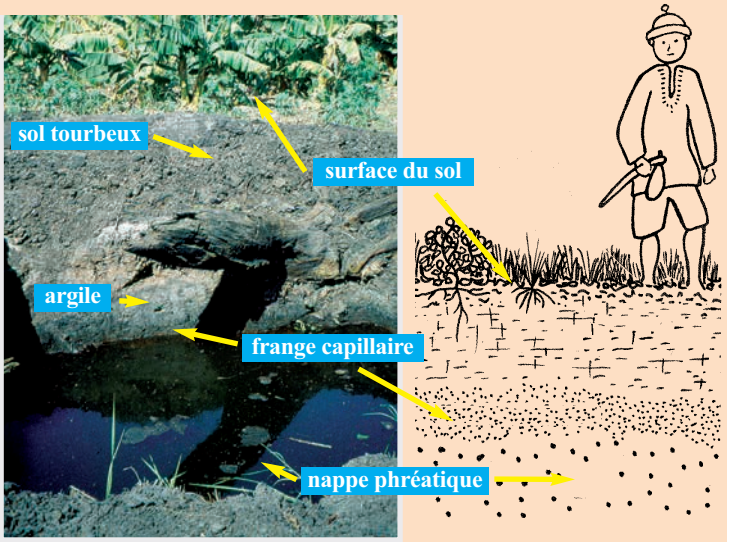
Le tableau **262** représente une terre de bas-fond. Une couche d'argile imperméable, située à proximité de la surface du sol, empêche l'eau de descendre en profondeur. Si, en permanence ou par intermittence, il n'existe pas de voie latérale permettant à l'eau de s'échapper (drainage), elle stagne. Dans les situations naturelles des bas-fonds marécageux, la seule échappatoire pour l'eau est alors l'évaporation.

Notons trois **points relatifs aux sols marécageux**:

- ⇨ la **végétation est spécifique.** Les espèces rencontrées doivent en effet être adaptées à vivre avec les pieds dans l'eau, plus ou moins saline, acide ou alcaline;
- ⇨ l'**amélioration du sol**, en vue de sa culture, passe **par un drainage adapté**;
- ⇨ là où on veut garder l'eau dans la couche superficielle du sol, il faut **éviter de percer la couche imperméable** (par exemple en exploitant trop profondément l'argile de cette couche pour la fabrication de briques, ou en réalisant des excavations lors des travaux publics).

262 Sol et sous-sol d'un bas-fond marécageux

La tourbe repose au-dessus d'une épaisse couche d'argile imperméable. Elle est soumise aux fluctuations de la nappe d'eau. On voit la remontée capilaire juste au-dessus du niveau de la nappe.



Les sols des photos **251**, **252** et **262** sont **TOURBEUX**. Ils se sont formés au cours des siècles par l'accumulation de matériaux d'origines végétale et animale, dans un bas-fond où l'eau stagne en permanence. Ces matériaux ont été peu décomposés par la vie microbienne, vu la trop faible présence d'air dans l'eau stagnante. Lorsqu'on draine ces sols pour les cultiver, et que l'air y pénètre, la décomposition microbienne se met en marche. Cela provoque l'effondrement des matériaux. Dans beaucoup de régions du monde, la tourbe est utilisée comme combustible, au même titre que le charbon de bois.

La latérisation des sols

Latérite et latérisation

La **LATÉRITE** est cette pierre rouge foncé qu'on rencontre un peu partout, sous forme de roche ou de graviers plus ou moins arrondis (**263**). Elle est composée en grande partie de fer.

L'**aluminium** et le **fer** sont, en proportion, les deux principaux composants des argiles. Leurs atomes sont combinés entre eux pour former les grains d'argile décrits plus haut.

Tant que la terre est protégée par de la végétation, l'argile est relativement stable, car la température des premiers centimètres de sol s'élève rarement au-dessus de 30 à 35 degrés centigrades. Mais lorsque le sol est dénudé, les rayons du soleil le frappent et l'échauffent jusqu'à 60 ou même 80 degrés. A ces températures, les argiles se décomposent chimiquement quand tombe la pluie. L'eau chaude emporte l'aluminium, soit par ruissellement, soit en s'infiltrant vers les couches profondes du sol. Elle laisse sur place le fer. Celui-ci s'agglutine en graviers qui s'assemblent ensuite en masses rocheuses.

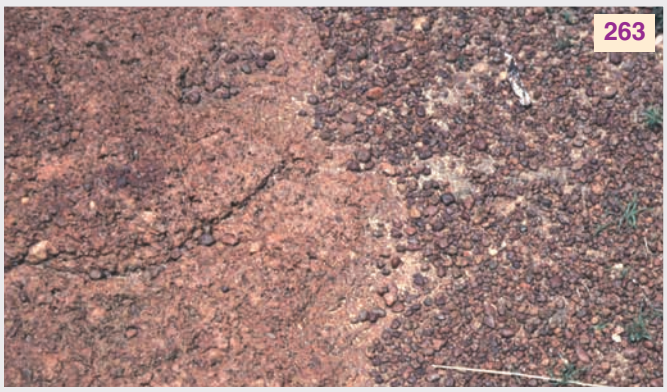
Sur la photo **264**, nous voyons un plateau latéritique ancien. La **CARAPACE LATÉRITIQUE** s'est formée à cet endroit voici plusieurs millions d'années. L'érosion hydrique l'a ensuite sapée et les blocs ont disparu dans la grande vallée située en contrebas.

La latérisation se passe sous nos yeux

La latérisation se passe sous nos yeux, sans toutefois que nous nous en rendions compte. Les terres que nous voyons sur la photo **265** étaient entièrement cultivées en mil et en sorgho, voici une dizaine d'années. Aujourd'hui, plus rien n'y pousse. Plus aucun instrument aratoire ne peut encore y passer. Le ruissellement s'est installé en maître, car les premiers centimètres de sol se sont endurcis et une carapace imperméable de latérite s'est formée.

La dégradation de ces terres, en si peu de temps, est due principalement aux **comportements humains**:

- ❏ les **feux intempestifs** dénudent le sol qui est directement soumis aux rayons solaires. La noirceur des cendres renforce l'échauffement;



Gravier et roche latéritiques

- ❏ le **surpâturage** dénude le sol lui aussi. Trop d'herbe est arrachée par les dents du bétail et le piétinement constant de la végétation la tue;
- ❏ la **suppression des arbres** lors de défrichements est aussi favorable à la latérisation des terres. Lorsque les arbres disparaissent, la protection des sols diminue;
- ❏ certains **modes de culture,** tels que la mécanisation imprudente du travail du sol, amènent souvent la latérisation des terres car ils favorisent la circulation de l'eau et le lessivage des sels d'aluminium.

Certaines carapaces latéritiques récentes sont récupérables

Revenons un instant sur la figure **259** qui nous montrait le profil d'un sol profond. Supposons que la disparition de la végétation et les mauvais traitements aient provoqué la latérisation des quelques premiers centimètres du sol. Dans ces circonstances, l'eau ruisselle en surface plutôt que de s'infiltrer. On peut dire qu'en dessous de la carapace superficielle imperméabilisée par la latérite, le sol et le sous-sol sont comme mis en conserve. Si nous arrivons à percer la carapace, il est possible d'installer des arbres ou des arbustes dans le sol se trouvant sous elle. Il faut cependant concentrer l'eau de ruissellement vers les trous de plantation.

264



Une carapace latéritique ancienne, entamée par l'érosion hydrique

265



En dix années de mauvais traitements, ces terres sont devenues incultes à cause de la latérisation.

Conclusions relatives aux couches du sol

Ce que nous avons abordé dans ce chapitre est peu de chose par rapport à ce que peuvent expliquer les pédologues et les géologues. Mais retenons quelques points.

- ✚ Dans un lieu, sol et sous-sol forment toujours **un ensemble complexe** et systémique dans lequel l'eau joue un rôle majeur: elle provoque des transformations physiques et chimiques, elle circule et transporte de nombreux éléments minéraux ou organiques.
- ✚ Vue sous l'angle de l'agriculture, **chaque couche de sol a ses caractéristiques propres**: fertilité minérale ou organique, profondeur, pénétrabilité, aptitude à être labourée, aération, accumulation de sels ou d'acides, occupation par les êtres vivants, visibles ou non, diffèrent d'une situation à l'autre. De ces caractéristiques dépendent les potentialités agricoles. **Les espèces végétales ont leurs préférences.**
- ✚ La **destruction d'un sol est beaucoup plus rapide que sa formation** naturelle. Le feu, la déforestation, le surpâturage, le ruissellement, les pratiques agricoles inadaptées, sont des causes de destruction ou de latérisation. Mais ce qui se passe à la surface du sol (ruissellement, infiltration, évaporation, latérisation) a une influence importante sur l'évolution des horizons profonds.
- ✚ L'eau de pluie ne contient pas de minéraux au moment où elle tombe sur le sol. Mais dès qu'elle le touche, y ruisselle ou le traverse, elle devient **un véhicule** pour toutes sortes d'éléments qui se déplacent au gré des chemins parcourus dans le sol et le sous-sol. Les cendres, l'humus, les engrais minéraux, par exemple, font partie de ces éléments.

Ces thèmes seront encore abordés et approfondis dans les chapitres qui vont suivre.

Où pouvons-nous observer les couches de sol rencontrées dans le terroir? Quelles en sont les caractéristiques? Sont-elles minces ou épaisses? Quelle est leur structure: rocheuse, caillouteuse, sableuse, argileuse? Où et comment les racines des plantes se développent-elles dans les différentes couches de sol? Y a-t-il latérisation des terres? Comment se développe-t-elle?



Chapitre 16
La vie du sol

De très nombreux organismes vivants s'activent dans le sol: ils s'y nourrissent et y déposent leurs déchets et leurs cadavres. Ils le creusent, le déplacent et le transforment.

La vie d'un sol est essentielle pour la fertilité de la terre. Tuer cette vie par de mauvaises pratiques agricoles menace l'avenir de l'agriculture. L'encourager et l'orienter au bénéfice de l'agriculture est la voie la plus sûre pour de bonnes productions. Ce sont en effet les êtres vivants qui créent l'**humus**, cette matière si importante pour la structure du sol et pour la qualité et la régularité de l'alimentation des plantes. L'humus provient de la consommation des déchets de plantes et d'animaux par tout ce qui vit dans le sol.

C'est toute une **CHAÎNE ALIMENTAIRE** qui s'active dans le sol. Si elle s'interrompt pour une raison ou pour une autre, la fertilité diminue.

Voyons d'abord quels sont les êtres qui vivent dans le sol. Ensuite, nous verrons ce qu'est l'humus ainsi que son importance pour la structure du sol et l'alimentation des plantes. Puis, nous aurons l'attention attirée sur les pratiques qui détruisent la vie du sol.

Ce qui vit dans le sol

Les racines

On peut dire que les plantes sont le point de départ de la chaîne alimentaire active dans le sol. Il n'y a en effet pas de vie qui ne parte de l'activité des plantes. Elles développent leurs racines, petites ou gigantesques, dans le sol. Dans certains cas, la **biomasse racinaire** d'un arbre est plus importante que sa biomasse aérienne.

Quelle est l'**influence des racines** sur le sol?


266

L'intensité de la vie du sol dans cette défriche est due à la biodiversité des plantes qui y poussaient.


267

Sous cette plantation monospécifique d'eucalyptus, la vie du sol est pauvre.

- elles **déposent des déchets** lorsqu'elles se frottent aux particules de sol ou qu'elles meurent;
- autour d'elles, à leur proximité immédiate, se crée un **milieu favorable au développement de micro-organismes** utiles;
- elles sont **consommées** par d'autres espèces vivantes, végétales ou animales. Cette consommation aboutit à la production d'humus;
- elles constituent des **passages pour l'eau**, en perçant les mottes et en y creusant des galeries;
- lorsque le sol est sec, les racines y maintiennent de l'**humidité à leur proximité immédiate**. C'est favorable à la vie des autres êtres vivants.

Les autres êtres vivants du sol dépendent principalement de la quantité et de la qualité de la biomasse produite par les plantes. Il n'est pas difficile de constater cela. Prenons trois exemples.

La vie du sol est très intense et diversifiée dans cette défriche forestière (**266**). La biodiversité est aussi importante sous la surface du sol qu'au-dessus. Si nous grattons un peu le sol, nous allons y trouver une diversité de termites, de fourmis, de scarabées, de vers de terre, de micro-organismes, etc. plus que nous puissions en imaginer. Le nombre d'espèces et d'individus de ces espèces est incalculable.

Dans la plantation d'eucalyptus de la photo **267**, la biodiversité est moins grande, la biomasse racinaire est peu variée. L'espèce contient des toxines. La vie du sol se développe mal. On voit que la litière de feuilles déposée sur le sol ne se décompose que lentement. Si nous fouillons le sol, nous ne trouvons que peu d'espèces vivantes.

Quant au sol latérisé et desséché rencontré plus haut (**263**), on peut dire qu'il est quasiment mort. La microfaune et les micro-organismes ont presque disparu, tués par la chaleur et l'absence d'eau.

Les termites et les fourmis

Il existe un grand nombre d'espèces de termites et de fourmis, vivant sous tous les climats, principalement tropicaux (**269**, **270**, **271**). Ces animaux sont particulièrement actifs dans la transformation du sol.

Les termites

Les termites sont de grands **consommateurs de bois et de pailles** (**268**). Ils les découpent en morceaux très fins et facilitent leur transformation en humus. Les termites ne supportent pas la lumière. Ils creusent des galeries, construisent leurs termitières, déplacent la terre et la mélangent avec des déchets de bois et d'autres matières vivantes.

Les termites ont souvent mauvaise réputation car elles viennent ronger les boutures des jeunes arbres fraîchement plantés, les structures en bois des maisons, les piquets dans les clôtures.

Mais dans certains endroits, les termitières constituent un **milieu de vie intéressant** pour des arbres agricoles. La terre y est fraîche, riche en éléments organiques et toujours humide. Des synergies intéressantes peuvent s'installer entre des termites et des arbres utiles. L'arbre profite de l'humidité et des éléments fertiles disponibles dans le sol de la termitière, et réciproquement, il laisse tomber des rameaux et des feuilles qui servent de nourriture aux termites.

La photo **272**, saisie dans une rizière de Casamance, montre par exemple des massifs d'arbres fruitiers plantés sur des termitières. Il existe une symbiose entre ces arbres fruitiers et la termitière.

Certaines espèces de termites sont utiles pour l'agriculture, si on arrive à bien les "gérer". D'autres sont gênantes lorsqu'elles se répandent sur des terres déjà maltraitées. On voit par exemple à la photo **270** une plaine envahie par une variété de termites. Lors de ses passages successifs sur cette plaine, le feu ne laisse que des souches d'arbustes affaiblis, des touffes d'herbes sèches en souffrance et des matériaux calcinés. Les termites trouvent en abondance dans ce milieu leurs nourritures sèches préférées. Ils envahissent toute la superficie de terre sans plus laisser de place à la moindre végétation renaissante.











Chaque espèce de termite a son mode de vie propre. Toutes les espèces sont consommatrices de bois et de pailles.

Les fourmis

De nombreuses espèces de **fourmis** vivent dans le sol et participent aussi au découpage des déchets organiques posés sur le sol. Elles consomment aussi bien la **matière fraîche** comme les feuilles, les déchets humides, les larves, les cadavres d'animaux, les champignons et les mousses, que des **matières sèches** comme des graines. Certaines sont carnivores. Leurs colonies, comme celles des termites, sont plus ou moins vastes. Elles s'élargissent en migrant. Leurs monticules et leurs galeries dans le sol sont caractéristiques.

273



Les fourmis sont d'infatigables transporteuses de terre et de matières organiques végétales ou animales. Certaines espèces cultivent des champignons ou élèvent des pucerons au fond de leurs nids.

Certaines fourmis transportent beaucoup de terre fine, ainsi que des déchets de matière vivante. Elles "cultivent" parfois des champignons microscopiques dans leurs fourmilières ou "élèvent" des pucerons. Il en résulte que le sol des anciennes fourmilières est souvent fertile, même si la structure de la terre qu'on y trouve n'est pas favorable à la culture.

Lorsqu'elles grandissent, les fourmilières, comme les termitières, sont parfois gênantes car elles prennent de la place dans les champs et rendent plus difficile le passage des hommes et des animaux.

Termites et fourmis sont des espèces animales très différentes. Dans le sol, ces espèces se combattent pour occuper le terrain. Mais les unes et les autres jouent un rôle important pour le recyclage de la matière organique dans le sol, pour son aération et pour la circulation de l'eau.

Les déchets et cadavres des termites et des fourmis constituent un aliment pour d'autres êtres vivants dont nous parlons ci-dessous. Sans le découpage des déchets végétaux que font les termites et les fourmis, les autres organismes vivants du sol auraient des difficultés à trouver leur nourriture.

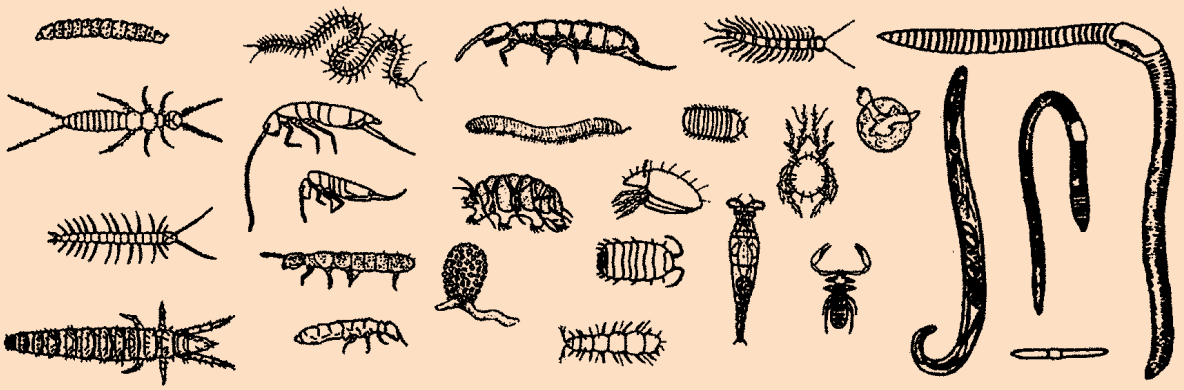
Malgré certains inconvénients, termites et fourmis sont donc utiles et parfois indispensables dans la longue chaîne alimentaire qui fabrique l'humus et qui donne au sol sa fertilité.

Les insectes, les larves, les limaces, les escargots

Il existe des milliers d'espèces d'insectes et de larves qui vivent dans le sol. Certains sont visibles à l'œil nu, d'autres sont si petits qu'on ne peut les voir qu'avec une loupe. La plupart de ces animaux se nourrissent des déchets de plantes, des autres animaux, de champignons, de mousses. Leurs excréments participent à la formation d'humus. Voyons-en quelques images.

274 ***Quelques animaux vivant du sol***

Ces animalcules mesurent de moins d'un millimètre à plusieurs centimètres



274 (suite) Quelques organismes vivant du sol



Ces organismes font tous partie de la chaîne de vie dans ou sur le sol et participent activement à la fabrication de l'humus fertile.

Tous les animaux représentés au tableau **274** participent à la décomposition de la matière organique: ils la mangent, la font transiter par leur système digestif, la transforment et la rejettent. Ces rejets servent de nourriture à d'autres espèces animales ou microbiennes, dans le cadre de la chaîne alimentaire du sol, sans fin, jusqu'à la décomposition complète en éléments minéraux.

Les vers de terre

Les vers de terre sont d'infatigables transformateurs du sol (**275**). Ils avalent la terre humide et la rejettent après l'avoir mélangée avec leurs excréments. Ils se nourrissent des organismes microscopiques qui se trouvent dans la terre avalée.

Chaque ver de terre est capable d'avaler et de mélanger à ses excréments environ un kilo de terre par an. Dans une parcelle fertile et bien travaillée, on peut trouver de 25 à 30 vers de terre par mètre carré. Cela veut dire, dans ce cas, qu'ils transforment ensemble 25 à 30 kilos de terre au cours d'une année.

Un autre intérêt des vers de terre pour l'agriculture est qu'ils n'arrêtent pas de creuser des galeries et de laisser ainsi le passage à l'eau et à l'air.

D'autres vers parcourent également le sol, mais leur activité est moins visible que celle des vers de terre.

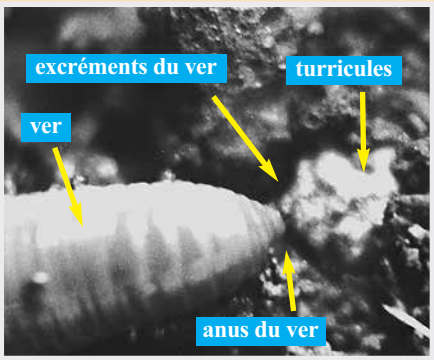
Les vers de terre n'ont rien à voir avec les vers qui envahissent les intestins de l'homme ou des animaux. Ils ne leur transmettent pas de maladies.

Notes

275 Vers de terre



La présence de vers de terre est l'indice d'un sol fertile. Ils rendent le sol perméable à l'eau et à l'air en creusant des galeries. Ils avalent la terre, puis la rejettent après avoir digéré les micro-organismes qui s'y trouvent. Leurs turricules manifestent leur présence active.



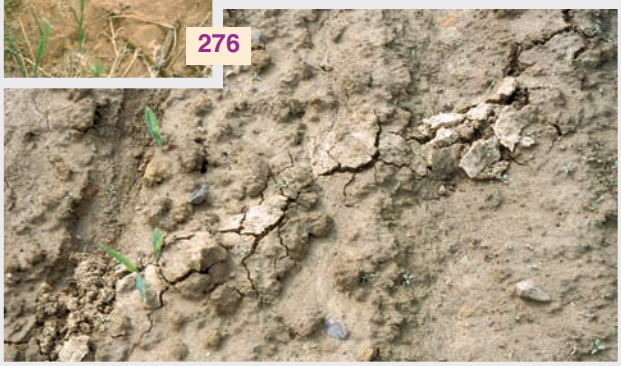


Les petits mammifères

Ce sont les rats, les souris, les lièvres, les taupes et d'autres animaux à sang chaud. Ils creusent leurs galeries dans le sol pour y habiter ou y rechercher leur nourriture. Ils mangent des racines, des graines, des larves, des insectes. En creusant leurs galeries, ils facilitent la pénétration de l'eau et de l'air dans le sol. Ils malaxent la terre. Leurs excréments sont mélangés au sol et servent à la fabrication d'humus par d'autres organismes vivants (**276**).



Galeries de petits mammifères



277 Champignons











Les champignons

Les champignons se nourrissent soit en surface, soit à l'intérieur de la matière vivante ou de ses déchets (**277**). Ce qu'on peut en voir à l'œil nu, ce sont en général les fructifications, ou des filaments blancs, noirs ou colorés s'étirant dans le sol sur des matières en putréfaction ou le long de racines. Ils peuvent aussi se manifester sous forme de taches, comme nous le voyons sur la photo **281**.

Certaines espèces de champignons sont si petites qu'on les considère comme des micro-organismes.

Les micro-organismes du sol

Les **MICRO-ORGANISMES**, ou **MICROBES**, sont des êtres si petits qu'il n'est pas possible de les observer à l'œil nu. Une loupe forte ne suffit pas non plus; seul le microscope permet de les voir. Ces êtres sont cependant très importants pour la fertilité du sol. Tous les déchets, petits ou gros, en contiennent des millions. L'eau qui stagne ou qui s'écoule, également.

283 ***Micro-organismes du sol***



Quelques micro-organismes vivant dans le sol, vus au microscope avec un grossissement de 500 à 1.000 fois.

Les micro-organismes se nourrissent de tous les déchets et excréments déjà finement découpés par les autres espèces participant à la chaîne alimentaire du sol qui aboutit à la fabrication de l'humus.

Notons que les racines et les microbes du sol font souvent bon ménage. Les racines recherchent les endroits où les microbes ont décomposé la matière organique transformée en humus, et les microbes, eux, profitent de la proximité des racines, car elles rejettent des déchets autour d'elles et entretiennent l'humidité.

Parmi les micro-organismes du sol, on distingue:

- les **champignons microscopiques**,
- les **levures** qui sont apparentées aux précédents,
- les **bactéries**.

Certains de ces micro-organismes vivent sur un support (déchets végétaux ou animaux), d'autres vivent dans l'eau.

Le tableau **283** montre quelques micro-organismes, leurs filaments, leurs fructifications et leurs semences, observés avec un puissant microscope.

Des parasites et des agents pathogènes

Nous venons de voir qu'il existe de nombreuses espèces vivantes qui participent à la transformation du sol au bénéfice des plantes, cultivées ou non.

Mais parmi tout ce qui vit dans le sol, il y a aussi des organismes vivants qui attaquent directement les plantes. Sur la photo **284**, nous voyons des grosses larves qui vivent dans le sol. Elles sont dangereuses pour les jeunes plantes cultivées, parce qu'elles en rongent le collet avec leurs crocs puissants. Il y a aussi des micro-organismes vivant dans le sol qui sont des agents pathogènes pour les plantes, principalement les bactéries, les champignons et les nématodes.



Ces animaux vivent dans le sol. Ils attaquent les cultures en croquant les collets des jeunes plantes ou en broutant les pieds. Ils ne participent pas directement à la transformation du sol mais font partie de la chaîne alimentaire du sol.





L'humus

L'**HUMUS** est produit lors de la destruction des déchets de la matière vivante. Cette destruction est le fait de toute une **chaîne alimentaire**. L'humus est une matière noire ou brune qui contient des colloïdes, des sels minéraux et de l'eau. La fabrication d'humus par toute la série des êtres vivants dont nous venons de parler s'appelle l'**HUMIFICATION**.


287

Un rameau fané tombe sur un sol. S'il pleut ou que le sol est humide, des taches apparaissent au bout de quelques jours à la surface des feuilles (**287**). Ce sont les champignons qui commencent le travail de décomposition des feuilles.

Quelques jours plus tard, des fourmis découpent les feuilles en fins morceaux et amènent ceux-ci dans leurs nids. Ces morceaux leur serviront de nourriture. Elles emmènent également des spores (semences) de champignons qu'elles trouvent dans les environs.

Les termites, elles, se mettent à ronger le rameau pour en consommer le bois. Elles le découpent également en fins morceaux pour se nourrir.

Les excréments des fourmis, des termites et des insectes, des vers, ainsi que leurs cadavres, vont se mélanger petit à petit avec l'argile et le sable. Une multitude de micro-organismes vont se nourrir dans ces mélanges, puis les vers de terre vont avaler la terre pour y manger les micro-organismes qui s'y trouvent mélangés.

Tout comme les hommes et les animaux, chaque espèce vivant dans le sol a ses **préférences**:

- ♠ **alimentaires**: certaines espèces sont généralistes et mangent de tout, d'autres sont spécialisées et ne consomment que des aliments très spécifiques;
- ♠ **écologiques**: elles vivent dans des sols marqués par l'acidité, l'alcalinité, la salinité, la présence ou l'absence d'air, le degré d'humidité. Elles sont sensibles à la présence de toxines naturelles ou artificielles.


288


289

Des déchets végétaux mélangés (en haut) fournissent un humus plus riche que des déchets peu diversifiés (en bas).

Tous les êtres vivants que nous avons signalés ci-dessus se nourrissent des déchets les uns des autres. Les micro-organismes sont les derniers à intervenir. Ce qui reste après leur activité est l'humus.

L'humus est une substance qu'on peut comparer à la sauce d'un plat. Si les ingrédients qui ont servi à la préparer sont bons et variés, l'humus apporte aux plantes qui s'en nourrissent toute la variété d'aliments dont elles ont besoin. Si par contre, les ingrédients sont peu variés, amers, acides, toxiques, l'humus risque d'être peu apprécié par les plantes. Pour **faire un bon humus**, il faut:

- ✓ une assez grande **quantité** de déchets végétaux, d'excréments animaux ou les deux à la fois;
- ✓ **des déchets diversifiés**, c'est-à-dire des déchets provenant de diverses plantes et de divers animaux. Comparons la litière diversifiée que l'on trouve sous une forêt (**288**) et la litière que l'on trouve sous un boisement planté d'une seule espèce d'arbres (**289**): dans le premier cas, l'humus qui se trouve sous la litière est bien plus riche que dans le second;
- ✓ une chaîne alimentaire formée de **décomposeurs diversifiés**; nous les avons décrits au début du chapitre;
- ✓ **de l'eau**. Tous les organismes qui décomposent et minéralisent la matière organique et la transforment en humus sont des êtres vivants qui ont besoin d'eau pour vivre.

Une seule espèce de feuilles consommées par une seule espèce de fourmis ou de champignons ne donne pas de bon humus.

Lorsque l'humus est formé, il participe à la transformation du sol et à la construction de sa fertilité.

- ✗ Une partie de l'humus est consommée par de nouveaux micro-organismes qui le décomposent encore en sels minéraux. C'est la **MINÉRALISATION**. Les sels minéraux prélevés dans le sol par les racines des plantes lui sont donc resti-



Humus noir et pailles accumulés devant un cordon pierreux. La terre est enrichie devant le cordon pierreux, mais appauvrie plus haut dans le champ.

tués à travers la longue chaîne alimentaire de la vie du sol, quelques semaines, mois ou années plus tard.

✗ Une autre partie de l'humus peut rester mélangée au sable, à l'argile et aux colloïdes du sol. Elle **participe à la structuration** de celui-ci.

✗ Une troisième partie peut être **entraînée par l'eau qui s'infiltre** et percole dans le sol. Elle s'accumule alors à une certaine profondeur dans un horizon du sol riche en humus.

✗ Un autre partie encore est **entraînée par l'eau de ruissellement.** La photo **290** montre un cordon pierreux destiné à ralentir le ruissellement. Devant la diguette, l'eau a déposé plusieurs éléments légers, dont de l'humus noir et des pailles, qui sont facilement emportés par l'eau. Au déplacement de l'humus par l'eau qui ruisselle correspond toujours une zone d'appauvrissement du sol, là où l'humus est emporté par l'eau.

Il existe des techniques de production d'humus très utiles pour l'agriculture. L'agriculteur dispose par exemple des techniques de **compostage** qui lui permettent de produire de l'humus au bénéfice de ses cultures (chapitre 36).

La vie et la santé des cultures se construit sur la vie du sol, qui résulte elle-même d'un équilibre de la chaîne alimentaire naturelle.

Croire qu'on peut construire une agriculture durable et saine sans tenir compte de la vie et de la santé du sol est utopique. Les facteurs "simplifiés" de l'industrie et du commerce, tels que les engrais chimiques, sont des compléments utiles. Mais ils ne peuvent supplanter les éléments naturels sans faire courir des risques aux exploitants familiaux.

Retenons cet adage: *"Nourrir la vie du sol pour nourrir les plantes cultivées"*. Nous le reprendrons plus loin, lorsque nous parlerons de la fertilisation des terres et de l'utilisation d'engrais chimiques ou de produits pesticides.

La vie du sol est fragile

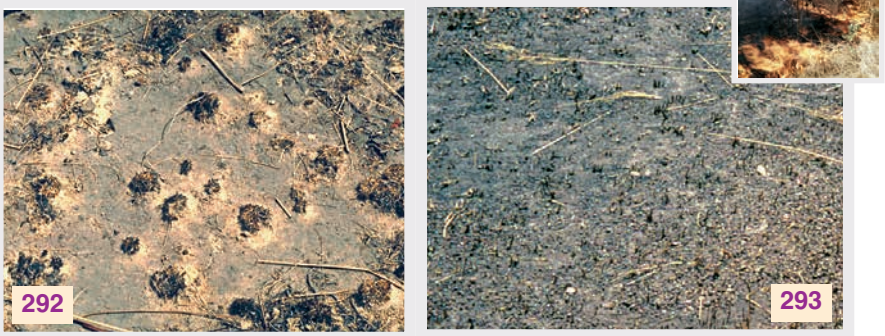
L'humus, indispensable à l'agriculture, est le produit de la vie du sol. **Les pratiques qui détruisent la vie du sol sont dangereuses pour l'agriculture**. Relevons quelques-unes de ces pratiques.

Le brûlage irréfléchi

Le feu est un grand **gaspilleur**. Il détruit les matières organiques qui constituent la nourriture de tout ce qui vit dans le sol. Il tue ou chasse de la terre un grand nombre d'animaux, d'insectes, de micro-organismes et de plantes utiles

Lorsqu'il revient chaque année au même endroit, le feu chasse définitivement certaines espèces de plantes et





Sur ces parcelles, le feu a détruit la vie du sol. Après son passage, la battance des pluies et le ruissellement ont pris le relais.

d'animaux. Il ne laisse sur le terrain que les quelques plantes et organismes dits **PYROPHILES** qui sont capables de résister. Les autres plantes, qui se multiplient normalement par graines, n'ont plus le temps de produire celles-ci avant que le feu ne les détruise.

Voici des endroits parcourus chaque année par le feu (**291**, **292**, **293**). Le nombre de plantes et d'espèces qui y poussent encore est réduit. Les herbes sont rassemblées en touffes plutôt que réparties sur toute la surface du sol. Le terrain est devenu le royaume des termites. Les autres insectes ont été brûlés ainsi que leurs œufs et leurs larves. Les petits mammifères (souris, rats, etc.) se sont enfuis. L'érosion s'est installée.

Nous parlons de feux intempestifs. Ce sont ceux qui se font sans raisons, ou de manière irréfléchie.

Dans certaines circonstances, cependant, l'**utilisation réfléchie du feu** peut être indispensable, par exemple:

- ➡ lors de **défrichements** importants,
- ➡ lorsque la brousse herbeuse a envahi le terrain, et qu'il existe des **risques de santé** (moustiques, insectes, serpents, etc.),
- ➡ lorsque des **ravageurs** se sont concentrés dans les restes de cultures (fanes, anciennes tiges, fruits, attaqués par un parasite),
- ➡ lorsqu'on veut **renouveler les pousses fourragères d'une pâture**. La technique des feux contrôlés est utilisée, par exemple, dans les ranchs d'élevage.

Quoiqu'il en soit, l'usage du feu dans les champs devrait **se limiter au strict nécessaire**.

Le feu libère des sels minéraux dans les cendres qu'il produit. Les sels sont consommés par les plantes. Certaines pratiques agricoles comptent sur ces minéraux pour fertiliser le sol. Mais le plus souvent, c'est un calcul douteux. Il est vrai que la libération des sels par le feu peut être directement utile aux plantes. Mais il est vrai aussi que ces minéraux risquent de disparaître rapidement avec l'eau de percolation ou de ruissellement. Ils seraient libérés plus lentement, au bénéfice des plantes, dans un processus de décomposition biologique et d'humification sur place, ou sous forme de compost.

Toutes les pratiques agricoles qui entraînent l'érosion sont défavorables à la vie du sol

Lorsqu'il y a érosion, il y a aussi destruction de la structure du sol, car les grumeaux sont brisés par la battance et l'air n'y pénètre plus (voir chapitre 18). La vie se développe toujours plus difficilement dans un sol soumis à l'érosion.

Lorsque l'eau ruisselle le long des pentes, elle entraîne avec elle des éléments importants: des déchets organiques qui flottent dans l'eau (débris de feuilles, de bois, de pailles, d'insectes, etc.), ainsi que des argiles fines et des colloïdes. Ce sont donc les éléments destinés à l'humification et à la minéralisation qui sont emportés.

Parmi les **causes favorisant l'érosion des sols** et la disparition de la vie qui s'y déroule, on peut citer:

- ▼ le **feu**,
- ▼ le **surpâturage** (**294** et **295**),
- ▼ la **disparition du couvert arboré**,
- ▼ **certains labours** mal orientés ou trop profonds.





A force d'être piétinée et broutée, la végétation herbacée disparaît. Le sol nu est alors soumis à l'insolation et aux phénomènes érosifs. La vie du sol est réduite.

Les labours pratiqués sans restitutions peuvent nuire à la vie du sol

Le labour change la structure du sol. Il facilite la pénétration de l'air et de l'eau. Cela accélère l'activité des micro-organismes du sol. Les matières organiques et l'humus sont minéralisés plus rapidement qu'en l'absence de labour. Les plantes cultivées en profitent et cela se marque dans le rendement.

Les sels minéraux contenus dans les récoltes sont emportés hors du champ. Il faut donc les remplacer si on ne veut pas que le sol soit appauvri. Si l'agriculteur ne procède pas à ce remplacement, la fertilité du sol diminue.

296 ***Texture et structure d'un sol en relation avec la vie végétale et animale***

la texture est caractérisée par:

les matériaux en présence

- **graviers et sable**
- **limons et argiles**
- **sels minéraux**
- **déchets organiques grossiers**
- **déchets organiques fins et humus**

les origines

- ✓ la **roche-mère** sur laquelle se forme le sol
- ✓ **créés sur place** par modification chimique de la roche-mère
- ✓ **accumulés** par l'eau de ruissellement ou par le vent à certains endroits (bas-fonds en particulier)
- ✓ **dégagés chimiquement** des divers matériaux
- ✓ **accumulés** ou transportés par l'eau du sol ou l'eau de ruissellement
- ✓ **produits par les plantes et les animaux**: déchets de feuilles, troncs, branches, fruits, excréments et cadavres d'animaux, vers, insectes, etc.
- ✓ **déchets de la pédoflore, excréments de la pédofaune** et de la vie microbienne se nourrissant de matériaux plus grossiers, et résidus de processus chimiques de décomposition

la proportion des différents matériaux

- ✗ composition initiale de la **roche-mère**
- ✗ **production biomassique** aérienne et souterraine
- ✗ importance des différents **apports** de l'érosion
- ✗ **activité microbienne**
- ✗ régime des eaux: ruisselantes, stagnantes, capillaires
- ✗ **insolation** et **température du sol**

la structure

est caractérisée par:

- ➤ **l'agencement des matériaux entre eux: déliés, compacts, agrégés, grumeleux, etc.**
- ➤ **la porosité et la pénétrabilité**
- ➤ **le ciment argilo-humique**

- ✣ **caractéristiques chimiques et physiques** des matériaux, et **granulométrie**
- ✣ acidité ou alcalinité du sol, salinité des eaux **état des argiles colloïdales** (floculées ou peptisées)
- ✣ degré de décomposition des matières organiques par les micro-organismes, et taux d'humus
- ✣ **transformation du sol par les racines et les animaux** vivant dans le sol
- ✣ **pratiques culturales**

les agents actifs

- ➤ **les micro-organismes du sol (champignons, bactéries, micro-organismes symbiotiques, etc.)**
- ➤ **la microfaune et la microflore**
- ➤ **les mammifères du sol**
- ➤ **les animaux sauvages et domestiques**
- ➤ **les êtres humains**

l'eau

les actions

- ➥ **découpage** des déchets organiques
- ➥ consommation des matières, **digestion et rejets** d'excréments
- ➥ **transformations** chimiques et physiques
- ➥ **fissuration** du sol, création de galeries
- ➥ **accentuation de la porosité**
- ➥ **humification**
- ➥ mélange et formation de **ciment argilo-humique**
- ➥ formation de **grumeaux**

- ➥ **solubilisation** des sels
- ➥ **déplacement** des particules et lessivage
- ➥ **transformations chimiques**
- ➥ **engorgement** des pores

Les pratiques qui réduisent la biodiversité dans les champs

Lorsque le nombre de plantes et d'espèces spontanées et cultivées régresse sur une terre, la diversité des autres organismes régresse également. Nous pouvons constater par exemple la différence entre un sol de forêt et un sol de savane, entre un sol exclusivement exploité en culture pure rentière (coton, arachide, ananas,...) et un autre sous agriculture multiétagée.

La vie du sol diminue lorsqu'on cultive constamment la même espèce sur une terre, sans jamais lui apporter de fumier végétal ou animal. C'est pourquoi il faut qu'il y ait **rotation** des espèces cultivées d'une saison à l'autre, ou encore association de plusieurs espèces différentes au cours d'une saison, chacune contribuant à sa façon à l'exploitation ou à la fertilisation du sol, les unes s'enracinant en surface, les autres en profondeur.

La destruction des arbres

Les arbres disséminés dans les champs ou dans les haies sont de grands producteurs de matière organique et de litières putrescibles pouvant se transformer en humus.

Les arbres maintiennent aussi des zones plus fraîches et humides, comme on l'a vu au chapitre 12. Or, l'humidité est indispensable à la vie des organismes humificateurs. L'élimination des arbres associés aux champs est donc défavorable à la production d'humus fertilisant le sol. Nous avons vu par exemple à la photo **173** comment les palmiers et la végétation qui se trouvaient au bord des mares casamançaises (Sénégal) ont été détruits. Le sol est maintenant soumis aux vents et à la salinisation.

Mieux vaut rechercher une gestion équilibrée de la végétation arborée qui associe la production fertilitaire et la production de bois à la culture.

Le désherbage chimique

En même temps qu'ils détruisent les plantes, les herbicides empoisonnent les êtres vivants du sol. Des résidus peuvent subsister et gêner les cultures durant plusieurs saisons, tant qu'ils n'ont pas été entraînés vers le sous-sol par l'eau de percolation.

On en voit un exemple à la photo **297**. Un herbicide a été appliqué pour nettoyer le terrain dans le but d'y cultiver de l'arachide. La végétation originelle a été détruite ainsi qu'une partie des êtres vivants du sol. La surface de la parcelle n'est plus occupée actuellement que par une seule espèce de plante qui a pu supporter la présence de l'herbicide. Le sol a été stérilisé et plus aucune culture n'est actuellement possible.


297

Après plusieurs applications d'herbicide, le sol de cette parcelle est devenu stérile. Seule une espèce résistante, sans intérêt, se développe.

L'utilisation d'herbicides se justifie dans quelques cas précis (nettoyage d'une cour, par exemple), mais elle présente des dangers certains lorsqu'elle se fait de façon incontrôlée dans les champs et les jardins familiaux.

Des intrants qui tuent la vie du sol

Les engrais chimiques utilisés sans précaution peuvent gêner le bon développement des micro-organismes du sol.

Dans certaines circonstances, les engrais activent tellement les micro-organismes du sol que ceux-ci épuisent rapidement les réserves de matières organiques et d'humus. Il y a **suractivation de la vie microbienne**, et surconsommation d'humus.

Au cours d'une saison, il peut sembler que la fertilité du sol ait sensiblement augmenté. Puis, il se peut, au cours des saisons suivantes, qu'on constate une diminution de la fertilité parce que les éléments organiques et les êtres vivants du sol ont été détruits.

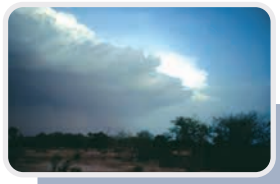
Comme tous les remèdes, les engrais chimiques peuvent avoir des effets favorables à la vie du sol s'ils sont utilisés parcimonieusement, et défavorables s'ils le sont en excès (voir chapitre 37).

Faire vivre le sol: une préoccupation indispensable

En conclusion à ce chapitre, disons qu'un objectif primordial de l'agriculture tropicale familiale est de **faire vivre le sol**, c'est-à-dire:

- de valoriser toutes les pratiques et les modes de cultures qui sont **favorables aux êtres vivants du sol**,
- de **se méfier de tout ce qui peut mettre en danger ces êtres**.

Nos sols sont-ils vivants ou morts? Qu'est-ce qui fait qu'ils le soient? Quelles sont les pratiques que nous mettons en œuvre pour faire vivre nos sols? Quelles sont les pratiques destructrices de la vie du sol que nous observons sur notre terroir?

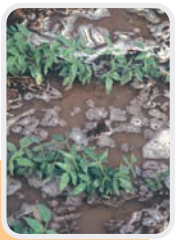


Partie 6

L'eau et l'air en mouvement sur les terres

L'eau et l'air circulent dans les terres en fonction des circonstances climatiques et géographiques. L'une et l'autre sont indispensables au développement de la vie. L'une et l'autre aussi peuvent s'agiter et provoquer des destructions dans le milieu, les cultures et les exploitations familiales. Les chapitres qui suivent aborderont successivement:

- l'eau comme facteur de production
- les mouvements de l'eau dans le milieu
- comment modifier les mouvements de l'eau au bénéfice de l'agriculture
- irriguer et drainer les cultures
- les mouvements de l'air: le vent.



Chapitre 17

L'eau, un facteur de production essentiel

Parmi les facteurs de la production agricole, l'eau tient une place particulière et essentielle. Elle est présente dans le milieu abiotique, mais elle se trouve aussi en quantité importante dans les êtres vivants formant le milieu biotique.

L'eau est en même temps une **matière** constituante des êtres vivants et un **véhicule**. Lorsqu'elle se déplace dans le milieu, elle transporte des minéraux, des particules de sol, des micro-organismes, des insectes, etc. Quand elle se déplace à l'intérieur des êtres vivants, elle transporte des sels nutritifs et toute une gamme de substances liées à leur vie.

Mesurer les pluies

La **PLUVIOSITÉ** est le caractère plus ou moins pluvieux d'un climat: on dit qu'il pleut beaucoup ou peu, qu'il pleut régulièrement ou irrégulièrement, que les pluies sont fines ou au contraire fortes et agressives. Mais la notion de pluviosité reste vague si rien n'est fait pour mesurer les pluies. La mesure des quantités d'eau qui tombent en un endroit déterminé s'appelle la **PLUVIOMÉTRIE**.

Le pluviomètre

Pour la mesurer, on utilise des **PLUVIOMÈTRES** (**300**). Les pluviomètres les plus courants sont des fioles millimétrées qui permettent de lire directement les quantités de pluie tombées lors d'une ou de plusieurs averses. Quelle que soit la forme de la fiole, après l'avoir testée, le fabriquant indique directement la hauteur de pluie. Il existe d'autres types de pluviomètres, en particulier dans les stations météorologiques. Certains sont munis d'un système d'enregistrement au jour le jour.

On mesure la pluie en **millimètres** de hauteur. Qu'est-ce que cela veut dire?

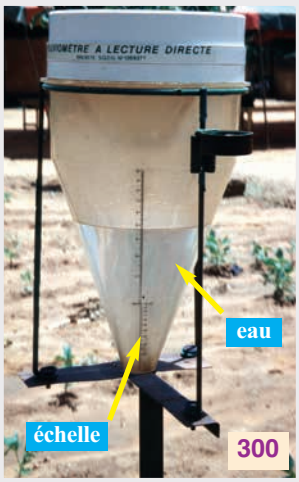
Sur la photo **301**, nous voyons à l'avant, marquée au sol par quatre petits piquets, une surface de 1 mètre carré. La pluie qui est tombée sur ce mètre carré n'a pu être mesurée, car elle s'est immédiatement infiltrée dans le sol.

Derrière, nous voyons un caisson dont la surface intérieure est aussi de 1m^2. Il est placé de façon parfaitement horizontale. Toutes les gouttes de pluie qui sont tombées là lors d'une averse sont restées dans le bac. Il suffit de mesurer la couche d'eau avec une règle pour connaître l'importance de l'averse en millimètres. Le calcul du volume d'eau tombée dans le bac permet de dire que chaque millimètre de pluie équivaut à 1 litre d'eau par mètre carré. Le caisson de la photo est pratique pour donner l'explication de la notion de millimètre de pluie, mais pas pour des mesures journalières effectives. Pour cela, le pluviomètre est indispensable.

Une approche plus complète des questions liées à l'eau agricole se trouve dans l'ouvrage "*Les chemins de l'eau, ruissellement, irrigation, drainage*".

Relevés pluviométriques

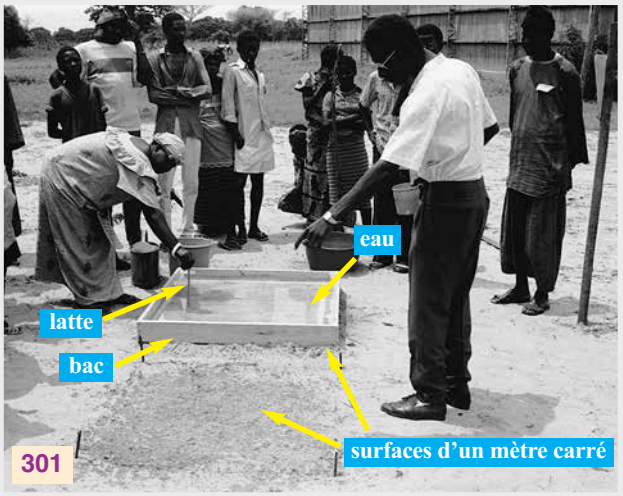
L'utilisation journalière d'un pluviomètre permet d'effectuer des **RELEVÉS PLUVIOMÉTRIQUES**. On relève la hauteur des pluies tombées chaque jour, ou chaque semaine, et on l'enregistre dans un cahier.



Le pluviomètre doit être placé bien droit dans un lieu dégagé.

Ici, on voit qu'il a enregistré 15 millimètres de pluie, soit 15 litres d'eau au mètre carré.

Maquette explicative de la pluviométrie et des "millimètres de pluie". Le caisson doit être disposé parfaitement à l'horizontale. Cela se fait comme indiqué à la photo du tableau **302**.



Voici le relevé pluviométrique d'une période de 40 jours située à cheval sur les mois de juillet et d'août, dans une région soudanienne (**302**). Entre le 1er et le 31 juillet, la quantité d'eau tombée a été de 239 millimètres. C'est la pluviométrie mensuelle du mois de juillet de cette année-là. C'est une quantité totale assez satisfaisante. Mais constatons qu'il y a eu une très forte pluie (60 mm) le 31 juillet, alors qu'on a enregistré 6 jours sans pluie du 6 au 11 juillet.

Certaines périodes de 5 jours ont été très arrosées, comme la première et l'avant-dernière; d'autres l'ont été très peu. La deuxième période n'a rien reçu, la cinquième n'a reçu que deux petites pluies totalisant 5 mm.

En lisant seulement le chiffre mensuel, nous pourrions dire qu'il a plu suffisamment. Pourtant, nous voyons que la fluctuation des pluies journalières a été telle que la sécheresse a régné durant plusieurs jours au début de juillet. Pour des plantes bien établies et si le sol a bien retenu l'humidité des pluies précédentes, cette période sèche n'a peut-être pas beaucoup d'importance. Par contre, elle a pu être catastrophique pour des jeunes plantes en cours de germination et d'établissement, qui sont des périodes du cycle végétatif au cours desquelles toutes les plantes ont de grands besoins en eau.

Grâce à l'observation régulière du calendrier des pluies, année après année, le cultivateur apprend les périodes au cours desquelles il y a les plus grands risques de sécheresse. En fonction des données pluviométriques de plusieurs années successives, les cultivateurs peuvent ajuster leurs travaux culturaux. Ils peuvent retarder ou avancer les semis, associer des espèces ou des variétés ayant des cycles de développement décalés les uns par rapport aux autres, ils peuvent aussi prévoir des arrosages d'appoint en cas de besoin.

Représentation graphique de la pluviométrie

Nous pouvons représenter la pluviométrie sous la forme d'un **GRAPHIQUE**. C'est un tableau sur lequel nous avons deux échelles de mesure (**303**). La première échelle est placée horizontalement: c'est l'**échelle du temps**. La seconde est placée verticalement: c'est l'**échelle des hauteurs de pluie**. Celles-ci sont représentées sous forme de bâtonnets dressés. Chacun est taillé à la hauteur de la pluie journalière, et dressé à sa place dans l'échelle du temps. Cette représentation par bâtonnets dressés est appelée **HISTOGRAMME**.

A titre explicatif, comparons les deux tableaux **303** et **304**. Ils présentent la pluviométrie de deux mois de juillet (2004 et 2005) au cours desquels il a plu 239 millimètres. En 2005, une longue période de déficit pluviométrique s'est installée entre le 6 et le 25 juillet, alors qu'en 2004, la période de déficit n'a été que de 6 à 7 jours. La longueur de ces périodes de déficit est évidemment d'une importance capitale pour le développement des plantes agricoles puisque certaines phases de leur développement sont beaucoup plus sensibles que d'autres à la sécheresse.

Les moyennes des pluies

Lorsqu'on dispose de tous les relevés pluviométriques journaliers d'une année et de plusieurs années successives, on peut établir des **MOYENNES**. Elles permettent d'analyser ce qui se passe au cours de périodes

302 Relevés pluviométriques journaliers et périodiques

A relevés journaliers observés — **B** chiffres calculés

totaux et moyennes périodiques

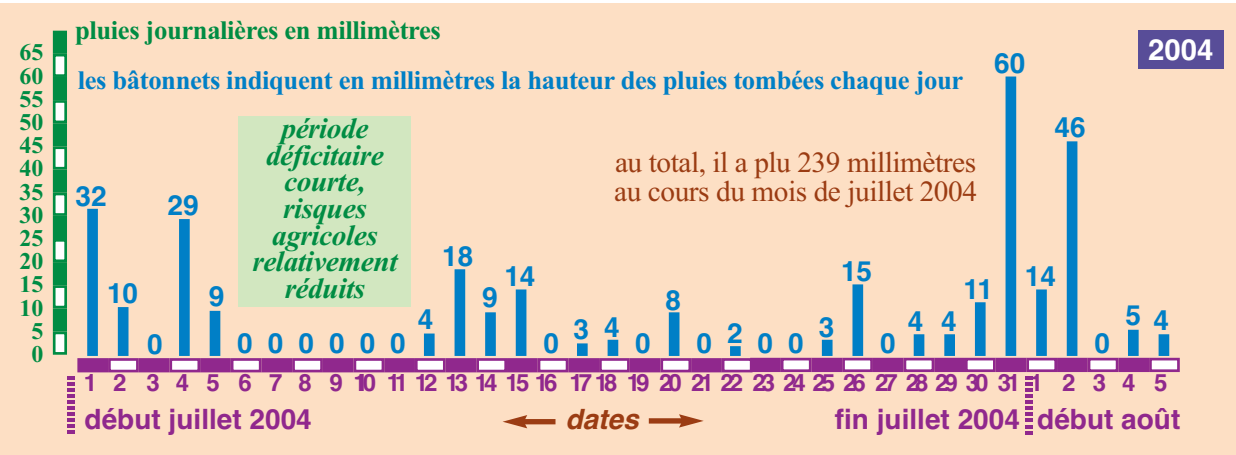
dates	hauteurs des pluies journalières en mm	moyenne de 5 jours	moyenne de 10 jours	moyenne de 15 jours	moyenne mensuelle
juillet 1	32				
2	10				
3	0	1ère période 80 mm 16 mm/jour			
4	29				
5	9				
6	0				
7	0				
8	0	2e période 0 mm 0 mm/jour	1ère décade 80 mm 8 mm/jour		
9	0				
10	0				
11	0				
12	4				
13	18	3e période 45 mm 9 mm/jour		1ère quinzaine 125 mm 8,3 mm/jour	
14	9				
15	14				
16	0				
17	3				
18	4	4e période 15 mm 3 mm/jour	2e décade 60 mm 6 mm/jour		
19	0				
20	8				
21	0				
22	2				
23	0	5e période 5 mm 1 mm/jour			
24	0				
25	3				
26	15				
27	0				
28	4	6e période 34 mm 6,8 mm/jour	3e décade 39 mm 3,9 mm/jour	2e quinzaine 54 mm 3,6 mm/jour	moyenne mensuelle: 239 mm 7,7 mm/jour
29	4				
30	11				
31	60				
août 1	14				
2	46	7e période 125 mm 25 mm/jour			
3	0				
4	5				
5	4				
6	1				
7	12	8e période 18 mm 3,6 mm/jour	4e décade 143 mm 14,3 mm/jour		
8	0				
9	1				

Ce sont les moyennes pluviométriques de 5 et de 10 jours qui sont les plus déterminantes pour le bon développement des cultures. Si ces moyennes sont trop faibles, il est bon de prévoir des arrosages d'appoint.

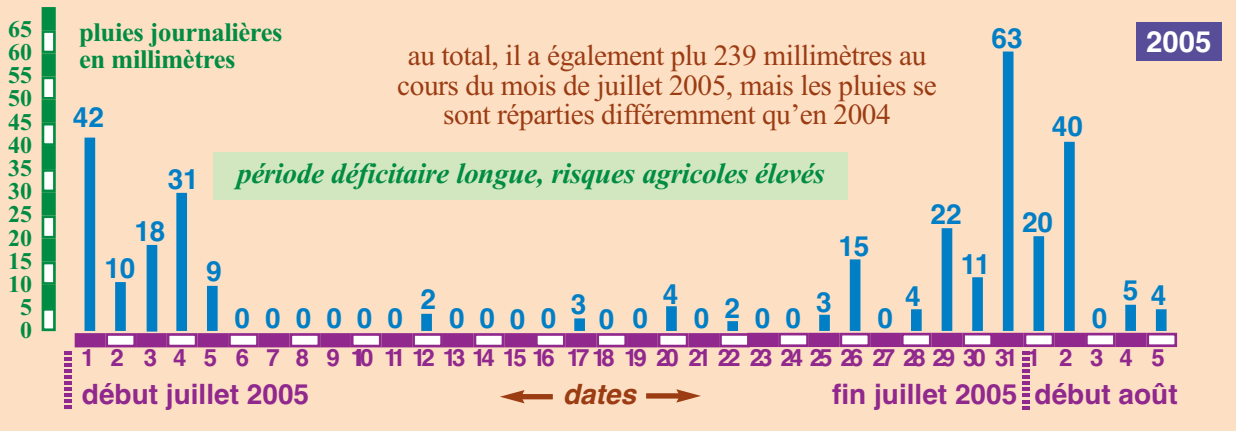


Installer le caisson bien horizontalement

303 Histogramme des pluies journalières relativement régulières



304 Histogramme de pluies journalières irrégulières



plus ou moins longues comme l'indique le tableau **305**.

Le tableau **306** présente par exemple le relevé des pluies de juillet au cours de 10 années successives.

Si le total des pluies tombées au cours de 10 mois de juillet successifs est de 2.410 mm, on peut calculer la **moyenne mensuelle des pluies de juillet**: 2.410/10 = 241 mm. Certaines années, il pleut plus que cela, d'autres moins, mais ce chiffre nous donne une idée approximative des pluies qui risquent de tomber au mois de juillet. Ce calcul de moyenne peut être fait pour chaque type de périodes: annuelle, mensuelle, hebdomadaire,... (si on s'intéresse à ces périodes précises de l'année) ou pour les 10 premiers jours de juillet ou les 5 premiers jours du mois d'août, par exemple.

305 Les moyennes des pluies

Lorsque la moyenne est exprimée par:	On parle des pluies:
jour:	journalières
semaine:	hebdomadaires
10 jours:	décadaires
mois:	mensuelles
an:	annuelles

Cette façon d'analyser la pluviométrie est intéressante lorsqu'on veut mettre en relation les données pluviométriques avec les besoins des cultures aux différentes phases de leurs cycles. Dans les terres irrigables, elle est utile aussi pour prendre les décisions d'arrosages. Par exemple, on décide que s'il n'a pas plu durant 5 jours, il est nécessaire d'arroser.

Généralement, s'il pleut au moins une fois par cinq jours, les plantes de grandes cultures arrivent à bien s'en sortir. Si les périodes sans pluies se prolongent, par exemple au-delà de dix jours, les cultures peuvent être menacées.

Les calendriers annuels des pluies

Les tableaux **307** et **308** ont été construits en additionnant toutes les quantités journalières tombées au cours de chaque mois de l'année.

Afin de mieux voir l'évolution des pluies dans le temps, on a réuni les sommets des bâtonnets par une fine ligne pointillée. Si nous la suivons depuis le début de l'échelle du temps, nous voyons si les pluies ont augmenté ou ont diminué d'un mois à l'autre.

Ce mode de représentation permet de caractériser le climat, sous l'angle de sa pluviométrie.

Les climatologues relèvent les pluies chaque année afin de comparer la pluviométrie d'une année à l'autre, et d'une région à l'autre. Ils peuvent définir ainsi des **CYCLES SAISONNIERS**, c'est-à-dire la succession des saisons sèches et humides. Les relevés se font dans les **STATIONS MÉTÉOROLOGIQUES** qui sont chargées de suivre, jour après jour, l'évolution de la pluie, du vent, de la température, de l'ensoleillement, de l'humidité de l'air, et plus généralement, de tous les éléments du climat.

306 ***Relevé des pluies de juillet***

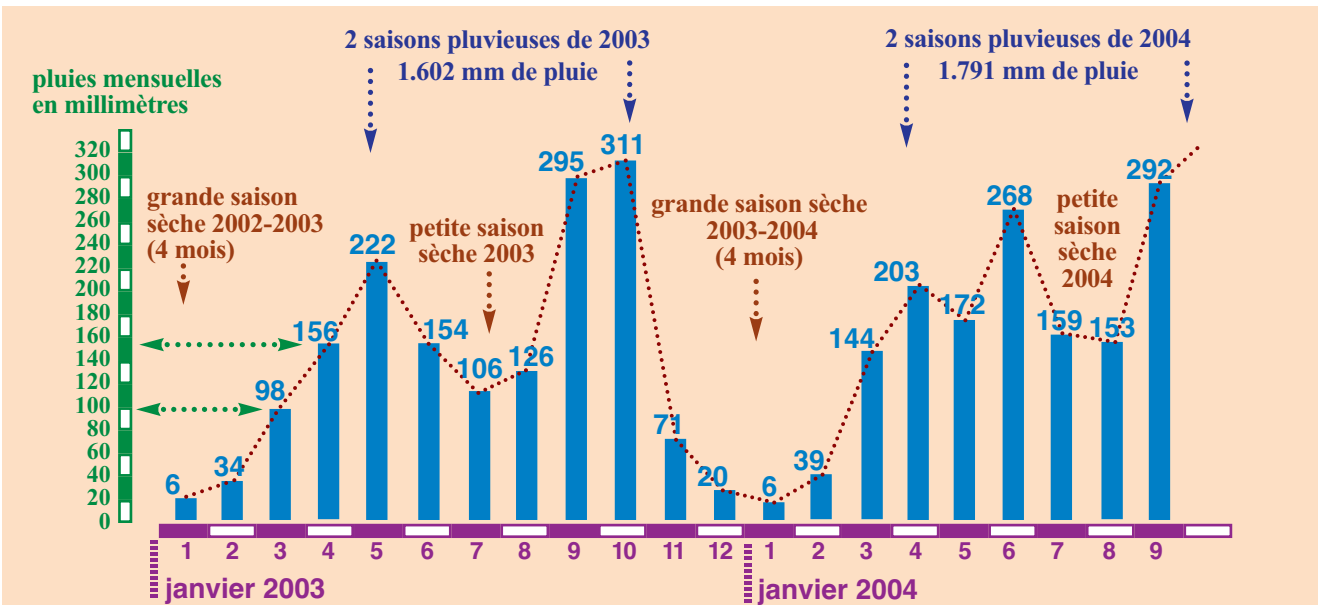
1995	235 mm
1996	266 mm
1997	201 mm
1998	289 mm
1999	199 mm
2000	253 mm
2001	226 mm
2002	290 mm
2003	212 mm
2004	239 mm
Total de 10 ans	2.410 mm
Moyenne des pluies de juillet	241 mm

Ajoutons que les tableaux **307** et **308** nous présentent le calendrier des pluies annuelles de deux régions, l'une tropicale humide (soudano-guinéenne), l'autre sahélienne. Si nous les comparons, nous voyons que dans la zone soudanienne, les pluies sont très faibles entre novembre et février qui sont les mois de **grande saison sèche** (**307**), et relativement abondantes durant les autres mois. En juillet et août, cependant, les pluies diminuent un peu au cours de ce qu'on appelle la **petite saison sèche**. Ce type de climat, avec deux saisons sèches et deux saisons humides, est désigné par le terme **CLIMAT BIMODAL**.

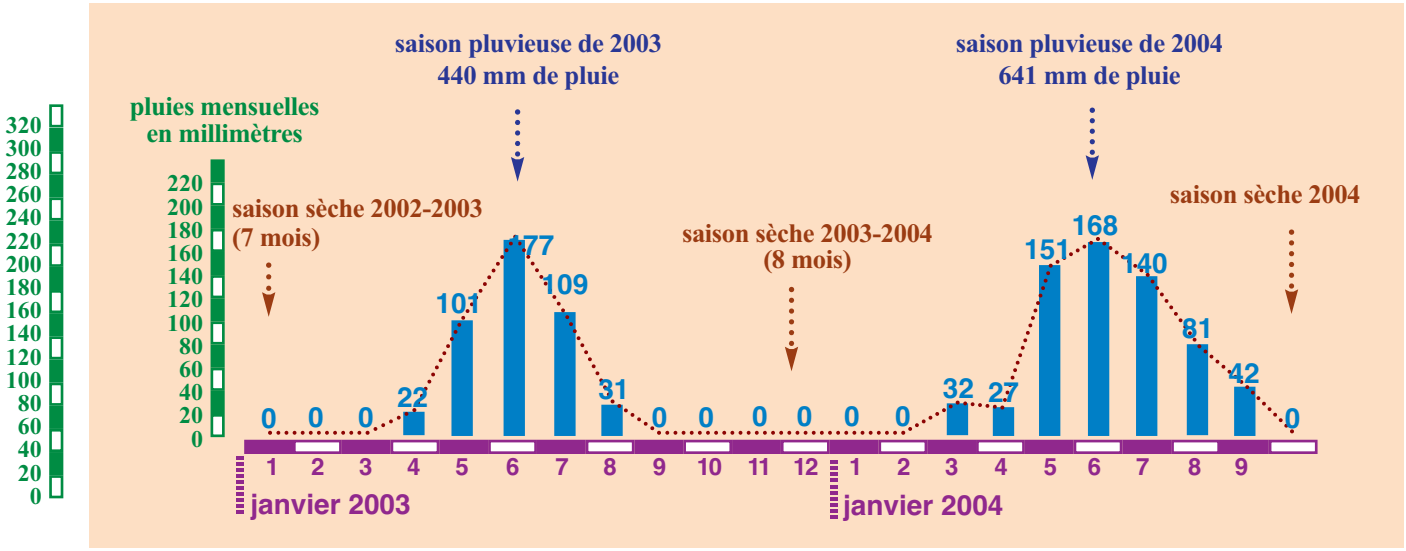
Le tableau **308**, pour sa part, présente un **CLIMAT UNIMODAL**. Une seule saison pluvieuse annuelle, de trois à cinq mois, succède à une très longue saison sèche.

Le premier type de climat, soudano-guinéen, est favorable aux plantes qui ont un cycle cultural assez long et peuvent donc franchir la saison sèche sans trop de problèmes, alors que le deuxième climat, de type sahélien, n'offre pas assez d'eau pour ces mêmes cultures. C'est le cas du

307 ***Pluviométrie en zone tropicale humide à 2 cycles (soudano-guinéenne ou sub-équatoriale)***



308 ***Pluviométrie en zone sahélienne***



manioc, par exemple. A l'aise sous les climats à deux saisons pluvieuses, il n'arrive pas à passer le temps d'une longue saison sèche dans les climats sahéliens, sauf à recevoir des arrosages artificiels.

Les évolutions climatiques

Au cours des dernières décennies, les climats africains se sont modifiés, parfois fortement. L'une des explications est la déforestation importante et souvent sauvage occasionnée par l'exploitation excessive du bois, mais aussi par le surpâturage et le feu.

Les **évolutions notables** peuvent être caractérisées comme suit:

➥ dans les **zones équatoriales** et **guinéennes**: marquage plus fort de cycles de pluie. Là où il pleuvait toute l'année, la pluviométrie évolue vers deux saisons pluvieuses plus marquées, entrecoupées de saisons sèches plus longues qu'avant;

➥ dans les **zones soudano-guinéennes**: là où il existait deux saisons pluvieuses (une longue et une courte), on constate la diminution progressive de la petite saison pluvieuse, avec pour conséquence des difficultés croissantes pour organiser un second cycle cultural. On note aussi, dans les exploitations, la disparition de certaines espèces plurisaisonnières traditionnelles, comme le bananier ou l'ananas. Pour se maintenir, elles ont en effet besoin de deux saisons pluvieuses;

➥ dans les **zones soudano-sahéliennes**, on constate le raccourcissement de la saison pluvieuse. Là où, par exemple, elle s'étalait de mai à début novembre, on constate qu'elle commence seulement en juillet, pour se terminer en octobre.

En outre, on constatait dans le passé que les pluies progressaient en **FRONT INTERTROPICAL** généralisé, arrosant l'ensemble du territoire. Aujourd'hui, on ne peut plus vraiment parler de "front". Les pluies tombent plutôt sous forme d'averses localisées: quelques villages peuvent avoir été abondamment arrosés par la pluie, alors que d'autres, non loin de là, n'ont rien reçu;

➥ sur un plan général, on peut dire que la **sécheresse** s'installe sur des zones de plus en plus vastes, ce qui oblige les agriculteurs à des adaptations importantes: cultures de bas-fonds, irrigation, raccourcissement de cycles culturaux au moyen de variétés précoces, etc.

Lorsqu'une région se désertifie, les causes de dégradation du climat, et en particulier de la pluviométrie, sont cumulatives:

▼ il y a **moins d'arbres et de végétation herbacée** sur les terres. L'**évapo-transpiration est donc réduite** et il se forme moins de vapeur d'eau et de pluies au-dessus de ces terres;

▼ comme il pleut moins, **les plantes se développent moins bien**, et **cela diminue encore l'évapo-transpiration**.

Dès lors que l'homme se met à défricher intempestivement de vastes zones de forêts et de savanes, et qu'il ne fait rien pour redévelopper un couvert végétal abondant, il démarre le **cercle vicieux de la désertification**.

Les ressources en eau du terroir et leur utilisation

Commençons par noter toutes les ressources en eau du terroir, qu'elles soient présentes en permanence ou par intermittence. Le tableau **309** fait un petit inventaire des ressources en eau. Dans la deuxième colonne, il pose quelques questions relatives aux eaux en présence.

Le tableau **310**, précise le précédent. Dans sa première colonne, on a relevé les types de **ressources en eau** selon leurs mouvements. Une partie de l'eau ne fait que passer; elle sert peu aux habitants du terroir si elle n'est pas captée. Une autre partie est mise en réserve dans le terroir. Elle est donc disponible pour les habitants qui veulent l'utiliser. Une partie se trouve dans l'air, au-dessus du terroir, sous forme de vapeur d'eau.

Dans la deuxième colonne, on a noté **les utilisations possibles de l'eau**, puis, dans la troisième colonne, on a indiqué les **éléments qui influencent l'utilisation** des ressources en eau. Remarquons que le relevé quantitatif et qualitatif de l'eau présente sur le terroir n'est pas réellement possible. Mais il est bon d'avoir conscience de cette présence de l'eau, et aussi de ce que les comportements humains provoquent sur celle-ci.

Une réserve d'humidité: la matière vivante et ses déchets

Une quantité importante d'eau est contenue dans tout ce qui vit sur le terroir. Nous savons d'ailleurs qu'en pressant fortement les feuilles, fruits, tiges ou racines des plantes, il est possible d'en extraire de l'eau. L'aloès, le figuier de barbarie, le pourpier, le sisal, la pastèque, sont des exemples de plantes spécialisées dans le stockage de l'eau (**311**). Beaucoup de plantes comme les euphorbes, les ficus, le callotropis, etc. fabriquent du latex dont la proportion d'eau est élevée.

Les plantes à tubercules, elles aussi, sont capables de mettre de l'eau en réserve pour d'assez longues périodes. *Icyania senegalensis* (**316**), par exemple, développe une très grosse racine qui accumule l'eau durant la saison pluvieuse. C'est ce qui permet à la plante de faire pousser de nouveaux jets foliaires en pleine saison sèche.

309 Les eaux du terroir

- ❑ **eaux de surface**
  - ⇨ ruisselantes
  - ⇨ stagnantes
- ❑ **eaux souterraines**
  - ⇨ eau libre
  - ⇨ eau fixée au sol
  - ⇨ vapeur d'eau
  - ⇨ nappes phréatiques
  - ⇨ nappes géologiques
- ❑ **eaux aériennes**
  - ⇨ vapeur d'eau de l'air
  - ⇨ nuages
  - ⇨ brume et brouillard
  - ⇨ pluie
  - ⇨ grêle
- ❑ **eaux biomassiques**
  - ⇨ incluse dans les plantes et les animaux
  - ⇨ incluse dans les déchets des êtres vivants
  - ⇨ incluse dans les micro-organismes du sol

Quelques questions:

- ✔ **Où sont les eaux?**
- ✔ **D'où proviennent-elles?**
- ✔ **A quels moments sont-elles présentes?**
- ✔ **Comment fluctuent-elles?**
- ✔ **Quelles sont leurs qualités?**
- ✔ **Dans quel état sont-elles? Quelle est leur importance relative?**
- ✔ **Dans quels ensembles vivants - forêts, savane, champs, parcs arborés - s'accumulent-elles?**

Les qualités de l'eau

Toutes les eaux n'ont pas la même qualité. En général, l'eau de pluie est douce et de bonne qualité au moment où elle tombe. Mais dès que l'eau se mélange aux milieux naturels, habités ou cultivés, elle se charge de substances diverses. Ces substances sont favorables ou défavorables aux plantes cultivées. Ce sont des substances chimiques, toxiques ou non, des matières minérales ou organiques, des micro-organismes pathogènes ou non. Parfois, ces pollutions peuvent rendre l'eau impropre à la consommation humaine ou animale ou aux utilisations agricoles.

Le **tableau 317** indique quelques caractéristiques défavorables de l'eau.

Notes

310 *Ressources en eau du terroir, utilisations et facteurs qui les influencent*

Toute l'eau qui se trouve ou qui passe sur le terroir

Il y a de l'eau qui passe sans s'arrêter:

- ✔ celle qui ruisselle et quitte le terroir
- ✔ celle qui passe dans les ruisseaux et les rivières

Il y a l'eau qui reste en réserve dans le terroir:

- ✔ celle que l'on trouve à la **surface** de la terre, dans les lacs, les étangs, les marais, les barrages, les citernes,...
- ✔ il y a l'eau **souterraine**.

  Une partie est proche de la surface, elle donne l'**humidité du sol**.

  Une partie s'enfonce en profondeur dans le sol. Elle va rejoindre les **nappes phréatiques**. L'eau de ces nappes réapparaît parfois à la surface du sol, aux sources.
- ✔ l'eau est aussi contenue **dans les plantes** et dans tout ce qui vit. Une végétation abondante constitue une réserve d'eau importante pour le terroir.

Il y a de l'eau contenue dans l'air sous forme de vapeur d'eau et de nuages.

Les diverses utilisations des ressources d'eau du terroir

L'eau est un **facteur de production** pour l'agriculture; on l'appelle dans ce cas: l'**eau agricole**.

L'eau est nécessaire à la consommation des hommes: pour boire, cuire les aliments, se laver,... C'est l'**eau domestique**.

Elle est nécessaire pour **abreuver** les animaux.

L'eau est un **facteur de santé**. Une eau sale transmet des maladies.

L'eau est nécessaire pour **transformer certains produits** agricoles: dépulper les grains de café, rouir le manioc, chauffer les noix de palme avant de les presser.

Elle est nécessaire pour divers **usages artisanaux**, tels que fabriquer de la glace pour conserver le poisson, tremper le métal du forgeron,...

L'eau est un **milieu de vie** pour le poisson.

Elle est parfois une **marchandise** que l'on vend (surtout dans les grandes villes).

L'eau peut servir à **créer l'énergie**: produire de l'électricité, faire tourner un moulin, etc.

L'eau est aussi utilisée pour les **transports**: pirogues, bateaux, flottage du bois, etc.

Elle sert à **lutter contre les incendies**.

Les facteurs qui influencent l'utilisation des ressources en eau du terroir

Le **climat** influence fortement les ressources en eau du terroir. Les pluies tombent en plus ou moins grande quantité, sans qu'on puisse y faire quoi que ce soit. Le vent peut souffler plus ou moins fort et dessécher la terre.

Les **caractéristiques du terroir**: sur des terres en pente, dénudées et non aménagées, l'eau ruisselle. Elle se perd dans les rivières plutôt que de pénétrer dans le sol. Si au contraire, le terroir est recouvert de végétation ou aménagé, l'eau ruisselle peu. Elle pénètre dans le sol.

L'utilisation du **feu**. Les feux de forêt ou de brousse non contrôlés entraînent la diminution des ressources en eau du terroir.

La **façon dont on utilise l'eau** pour l'agriculture. Il y a des plantes qui consomment beaucoup d'eau, d'autres en consomment peu. Il y a aussi des méthodes de culture, d'irrigation et de drainage, plus économes que d'autres.

Le **nombre d'habitants et d'animaux** vivant sur le terroir peut influencer les ressources en eau. On économise ou on gaspille l'eau.

L'**économie** influence l'utilisation de l'eau. L'eau est parfois si rare qu'elle rend difficile la vie des plantes ou des troupeaux. Dans ce cas, l'homme sait qu'il ne peut pas la gaspiller. Si l'eau est abondante, tant pour l'agriculture que pour abreuver les hommes et les bêtes, on n'y fait pas tellement attention. Dans certains pays, le contrôle des ressources en eau est **générateur de conflits**.

L'**éducation**. Les éducateurs (parents, enseignants, services techniques, autorités religieuses et coutumières) ont une grande responsabilité en ce qui concerne l'eau. Ce sont eux qui apprennent aux jeunes tout ce qui concerne l'eau: son importance, son économie, la façon de bien la gérer, etc...

L'**organisation sociale**: l'eau est une ressource collective. Elle est importante pour tous ceux qui vivent sur un terroir. L'organisation sociale influence son utilisation. Il faut trouver des accords entre les propriétaires de la terre et les cultivateurs pour faire les aménagements qui permettent de retenir l'eau sur le terroir, en particulier lorsqu'on construit un barrage de retenue.

311 Quelques espèces capables de stocker l'eau dans leurs organes


312 euphorbe


313 aloës


314 figue de Barbarie


315 sisal


316 *Icyania*

Les feuilles et les racines de ces plantes sont constituées de façon à stocker de l'eau. Leur présence dans les haies autour des jardins peut favoriser la création de microclimats relativement plus humides dans un environnement sec.

317 Mauvaises qualités de l'eau

- ❒ **acidité** due au milieu naturel ou à des sources d'acide artificielles
- ❒ **salinité** naturelle ou due à de mauvaises pratiques culturales
- ❒ **infection microbiologique** par des éléments naturels, des déjections humaines ou animales, des rejets dans l'eau de plantes malades
- ❒ **pollution** due à la dissémination de produits dangereux: pesticides mal utilisés, produits chimiques répandus par des industries ou des égoûts.



Lorsque l'eau coule sur le sol pour se déverser dans les mares, elle entraîne avec elle beaucoup de saletés. Lorsqu'elle est utilisée pour se laver, faire la lessive et la vaisselle, elle est polluée. De même, si des animaux y vivent et y défèquent. C'est pourquoi une telle eau est impropre à la consommation humaine. Beaucoup de maladies et de vermines sont transmises par elle.

Quelles sont les caractéristiques de notre pluviométrie? Quelles sont les diverses ressources en eau de notre terroir? Quels sont les facteurs qui influencent nos ressources en eau? Y a-t-il des conflits liés à l'utilisation des ressources en eau? Quels sont les risques sanitaires liés à l'eau de consommation, pour les hommes et les animaux?



Chapitre 18
Les mouvements de l'eau dans le milieu

Le tableau **310** nous a rappelé quelles sont les ressources en eau des terroirs, ainsi que les facteurs qui influencent ces ressources. Certaines d'entre elles sont au repos, d'autres sont en mouvement. L'intérêt de l'agriculteur est que l'eau soit disponible en quantité et en qualité aux moments où ses cultures en ont besoin, et sans y faire de dégâts.

L'eau est une grande voyageuse qui se déplace rarement seule. Elle est aussi la plus grande transporteuse du monde: elle déplace des rochers dans les torrents, elle arrache le sable, elle entraîne avec elle l'argile et le limon, elle emporte les sels minéraux du sol. Etudions les mouvements de l'eau et ses effets sur le sol des champs et des terroirs.

Le tableau **318** résume de façon succincte les principaux mouvements de l'eau et son accumulation. Chaque mouvement de l'eau, chacune de ses accumulations, peut avoir un effet sur l'agriculture. Nous allons étudier ces effets.

Les mouvements de l'eau au contact du sol sont à l'origine de l'érosion des terres. Cette érosion a une influence directe sur l'agriculture. Etudions plus particulièrement deux mouvements:

- le **splash** et la **battance** des pluies
- le **ruissellement** de l'eau à la surface du sol

La pluie tombe sur le sol: splash et battance

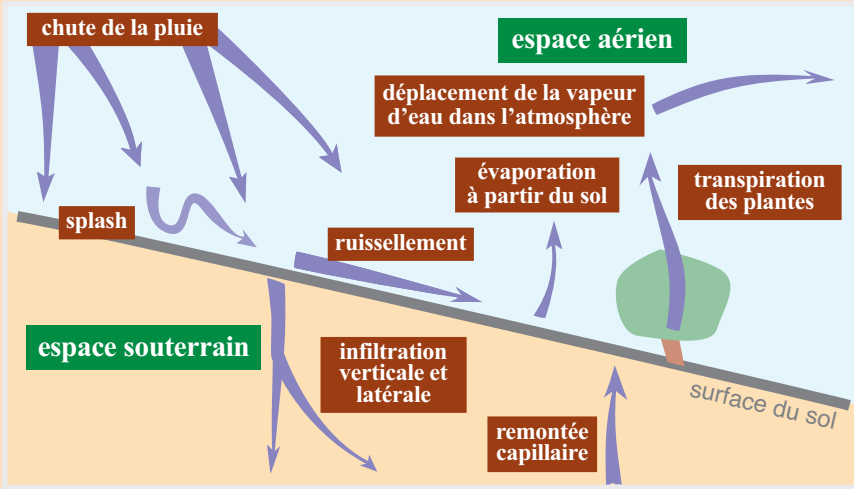
Les gouttes de pluie tombent de haut. Elles **frappent le sol** et le feuillage qu'elles rencontrent. Si elles frappent directement le sol, elles **déplacent les grains** de sable, d'argile et d'humus. Elles **brisent les petites mottes** de terre et les **trient** en parties fines et grosses. Un sol trié devient peu perméable à l'eau, car les parties fines bouchent les fentes et les pores entre les grains plus gros. Il en résulte que la couche superficielle du sol ne laisse plus passer l'eau.

Deux mots sont utilisés pour parler du choc des gouttes de pluie sur le sol: **SPLASH** et **BATTANCE**. La figure **324** explique ces phénomènes.

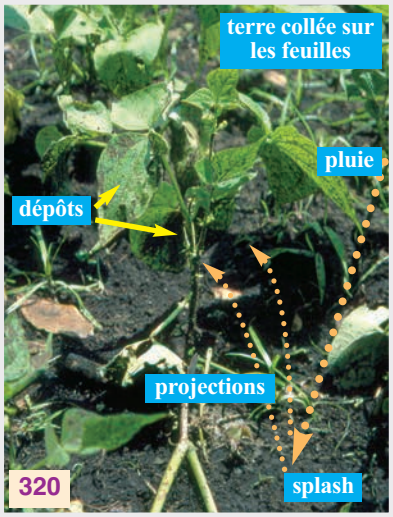
Si le splash correspond au choc de chaque goutte de pluie sur les mottes de terre, la battance est ce qui se passe lorsqu'une masse de gouttes tombe avec force sur un sol nu et le transforme.

Le résultat de la battance est la formation d'une **pellicule de battance imperméable** (**319**). Lorsque la pellicule est formée, l'eau qui tombe ou qui passe n'arrive plus ou peu à s'infiltrer dans le sol. Elle est obligée de ruisseler.

318 ***Les mouvements de l'eau***







Le splash projette des particules de terre sur les plantes.

La battance a un autre effet. Elle projette la terre sur les plantes, comme on le voit sur la photo **320**. Si le sol contient des organismes pathogènes, ceux-ci atteignent les plants et risquent de leur communiquer des maladies.

Lutter contre le splash et la battance est la priorité lorsqu'on veut combattre l'érosion des terres. Nous verrons plus loin comment faire (chapitre 19).

L'eau de pluie ruisselle sur les terres en pente

Dès qu'elle est déposée sur le sol, l'eau se met en mouvement. Elle cherche toujours à descendre. Si le sol est perméable, elle s'infiltre. S'il l'est moins, elle s'oriente **dans le sens de la plus forte pente rencontrée**: c'est le **RUISSELLEMENT**.

Le ruissellement en nappe

La photo **321** montre ce qu'on appelle un **ruissellement en nappe**. L'eau se déplace lentement sur toute la surface. Celle-ci est relativement plane et les pentes sont faibles. La nappe d'eau passant à la surface du sol entraîne avec elle des minéraux qu'elle a dissous et des éléments fins: fines argiles et colloïdes, en particulier. Les particules plus grossières et lourdes restent sur place.



L'eau qui ruisselle en nappe entraîne avec elle de grandes quantités de particules de sol, fines ou légères.

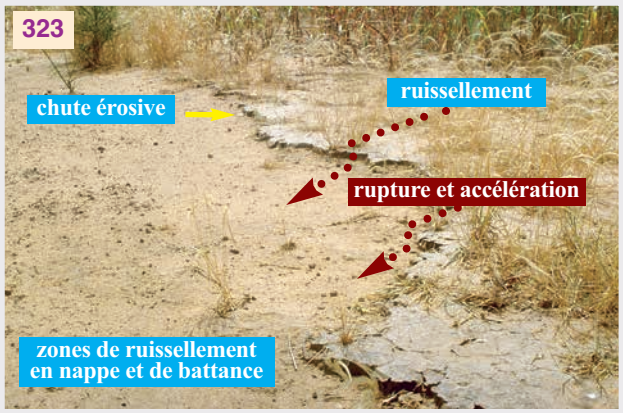
Plus haut, la photo **265** nous avait montré une plaine du Burkina Faso entièrement dégradée à cause de l'érosion en nappe et de l'échauffement par le soleil. C'est une terre **latérisée**. En quelques années, elle est devenue totalement inculte et elle est promise à la désertification.

La photo **322** est prise sur un plateau du pays dogon, au Mali. Le ruissellement en nappe déterre progressivement les pierres. La couche de sol, peu épaisse à cet endroit, est en train de disparaître.

La photo **323** montre l'épaisseur de sol emporté par l'eau ruisselant en nappe, dès lors que la nappe est arrivée à rompre la surface durcie du sol.



Cette plaine a été soumise régulièrement au ruissellement en nappe. Les cailloux et les rochers sont restés sur place alors qu'une grande quantité d'argile et de particules fines du sol ont été emmenées dans les bas-fonds.



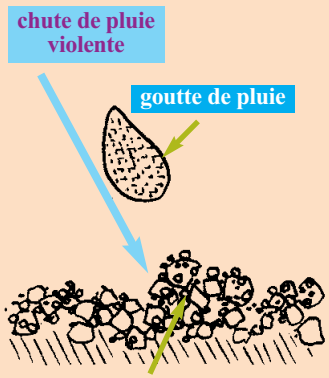
Effet du ruissellement en nappe, lorsque la pente augmente légèrement.

324 Le splash est à l'origine de l'érosion des terres

1

La force des gouttes battant le sol détruit la structure en grumeaux et sépare les grains fins et les grains grossiers du sol.

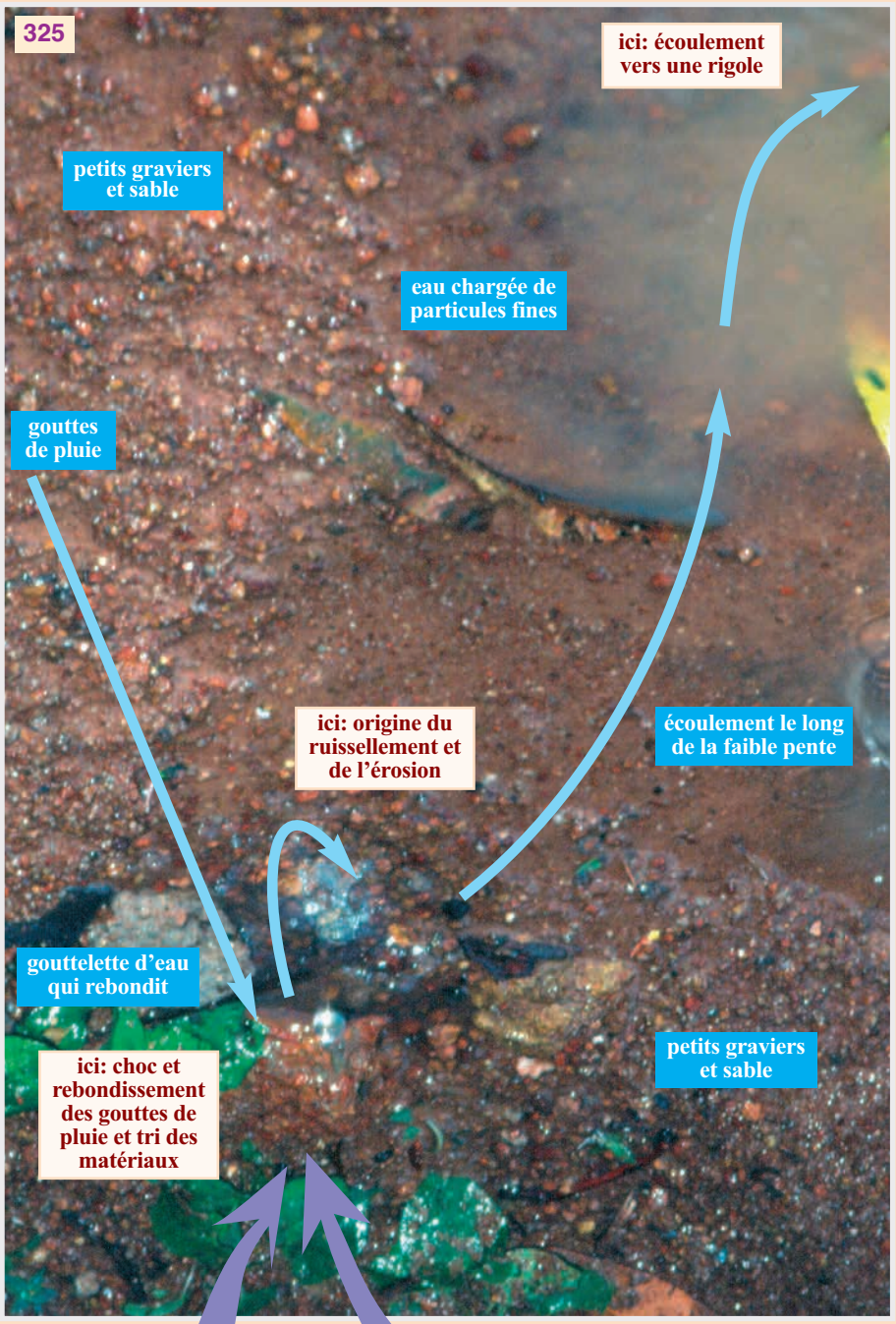
Une partie des éléments fins bouche les pores du sol. Cela favorise la formation d'une pellicule imperméable sur laquelle l'eau se met à couler



2

L'eau qui commence à ruisseller entraîne les particules fines et les colloïdes, ainsi que les éléments qui flottent sur l'eau





Après le splash, l'eau qui ruisselle entraîne avec elle les éléments fertiles que sont les argiles fines et les colloïdes.



Lorsque l'eau prend de la vitesse, elle racle le sol des rigoles, n'y laissant que les fractions lourdes, comme les graviers et le sable grossier.







Une priorité dans la lutte contre l'érosion des terres: protéger le sol contre la battance des pluies



Après le passage des fortes pluies, la couche superficielle battue par les gouttes est rendue imperméable. Lorsque viendront les prochaines pluies, l'eau se mettra à ruisseler, faute de pouvoir pénétrer dans les pores du sol.



Lorsque la pluie tombe sur les billons ou les buttes, elle entraîne les éléments fins dans les sillons. Si on ne prend pas garde de cloisonner les billons, l'eau passe en force en entraînant avec elle une grande masse d'éléments minéraux et organiques fertiles. Une ravine peut naître, comme on le voit ci-dessous.



Chaque fois que l'eau chute, sa force érosive augmente. Ci-dessus, on voit le début de rigoles qui, si on n'y prend garde, s'agrandiront comme on le voit ci-contre et ci-dessous.





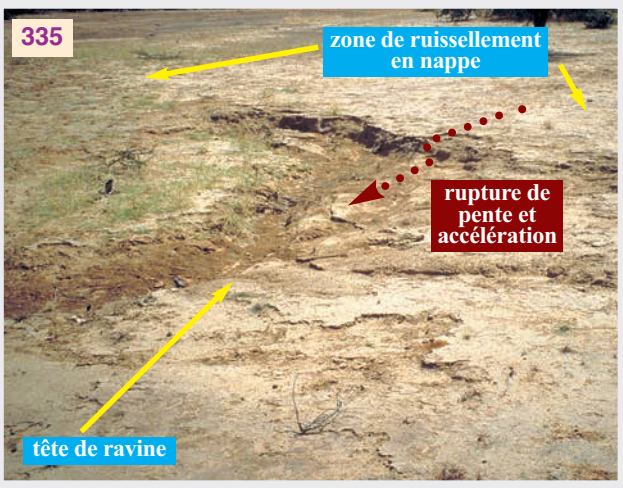
Le ruissellement en rigoles ou ravines

Lorsque la nappe d'eau progresse, elle rencontre des endroits où la pente est plus forte; l'eau se rassemble en **rigoles**, puis en **ravines**. La vitesse augmente. Le ruissellement accéléré arrache des matériaux et les entraîne. Nous en voyons un exemple sur la photo **335**. Là où l'eau prend de la vitesse, son énergie s'accroît et elle devient plus érosive.

Si la route de l'eau n'est pas barrée, il se forme des ruisseaux et lorsque la pente est sérieuse, le flot d'eau ruisselante peut devenir tumultueux. Dans ses chutes et ses remous, il emporte le sable, le gravier, l'argile, le limon, les débris végétaux. Des ravines se forment, s'approfondissent et s'élargissent (**335**, **336**, **337**). Les terres agricoles sont emportées. Les arbres sont déracinés. L'eau des ravines est perdue pour le terroir. Elle va gonfler les rivières, les lacs et les mers. Cette perte est d'autant plus grave que les pluies sont rares et irrégulières dans le pays.



Faute d'être arrêtée à temps, l'eau des ravines acquiert des forces extraordinairement violentes et destructrices.



L'eau ruisselant en nappe se rassemble et forme la "tête" d'une ravine (ci-dessus). Celle-ci se développe ensuite de plus en plus rapidement et profondément (ci-contre).



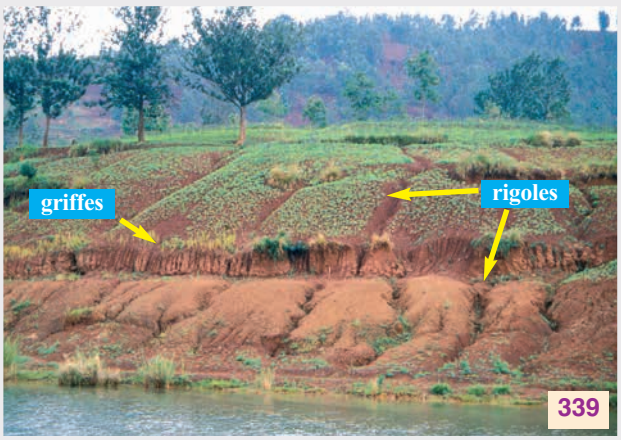


Quelques années plus tard: flanc de ravine

Nous verrons à la figure **344** les quantités énormes de terre que l'eau de ruissellement peut emporter.

Sur les terres en pentes, moyennes ou fortes, l'érosion en **RIGOLES** ou en **GRIFFES** prédomine, contrairement à ce qui se passe dans les plaines, plutôt soumises à l'érosion en nappes.

La photo **339** montre un flanc de colline soumis à l'érosion. On voit les rigoles, et aussi certaines parties effondrées. Chaque rigole est relativement étroite, mais l'eau y dévale très rapidement en entraînant de grandes quantités de terre qui vont s'accumuler dans les bas-fonds.



Érosion en rigoles et en griffes sur terres en fortes pentes au Congo

L'érosion au détriment de l'agriculture

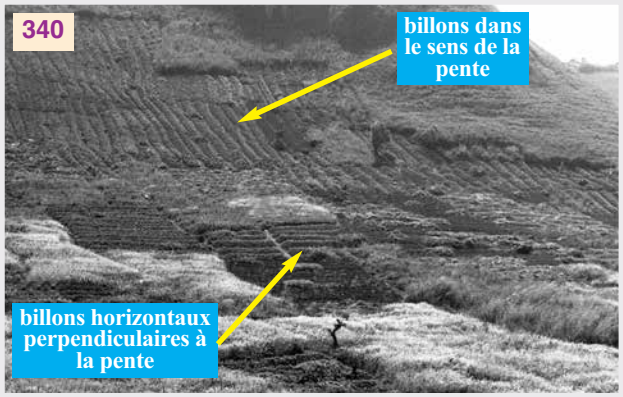
Observons ce paysage montagneux et déboisé du nord-ouest du Cameroun (340). A l'avant, on voit les parcelles laissées en jachère: des herbes folles y poussent entre les tiges sèches du maïs de la dernière saison culturale.

A l'arrière, sur les flancs de la colline, des longs billons viennent d'être mis en culture. Ils sont orientés pour la plupart dans le sens de la pente. Quelques-uns sont réalisés perpendiculairement à celle-ci (ils coupent le sens de la pente).

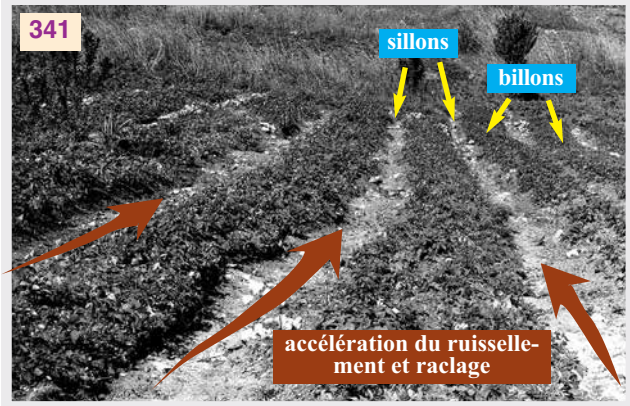
Regardons de plus près ce qui se passe sur les **BILLONS** et dans les **SILLONS**.

Nous voyons sur la photo 342 un plant de pomme de terre installé au flanc d'un billon. Le choc de la pluie et le ruissellement de l'eau ont dénudé ses racines. On voit une pomme de terre entièrement découverte. Quelques pluies supplémentaires suffiront pour que cette plante s'effondre sur le sol.

Quelques mètres plus loin, apparaissent des rigoles qui sont le début des ravines plus importantes. Lorsqu'il pleut, l'eau qui frappe les billons s'écoule de plus en plus rapidement dans les sillons au lieu de s'infiltrer (341). La terre est entraînée. Il ne restera bientôt plus que des pierres.



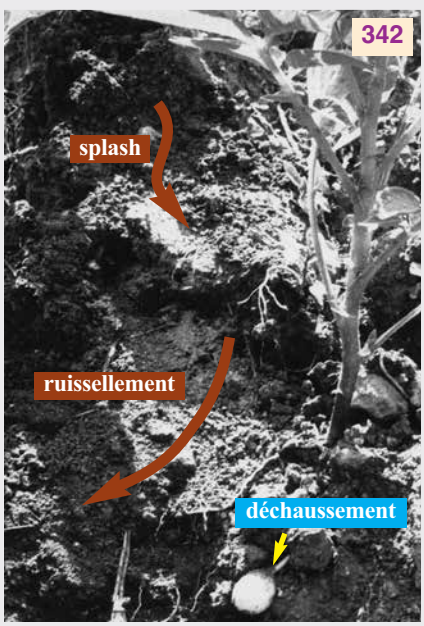
La façon de pratiquer l'agriculture influence les phénomènes érosifs. Attention au sens du billonnage: l'eau qui dévale des billons établis dans le sens de la pente risque de détruire ceux qui, plus bas, sont établis perpendiculairement à la pente.



Dans cette région de collines et de montagnes, il pleut beaucoup. Les cultures n'ont pas toujours besoin de toute l'eau de pluie qui tombe sur le champ. Il peut être nécessaire qu'une partie s'échappe. Le travail du cultivateur est donc d'**équilibrer par ses pratiques les quantités d'eau qu'il retient et celles qu'il laisse s'écouler** sans risque pour les terres.

Quantités de terre transportées par l'érosion

Des agronomes ont mesuré en Côte d'Ivoire l'érosion qu'il peut y avoir sur des **terres dénudées** et sur des **terres couvertes par une végétation forestière**. Ils ont choisi plusieurs terrains dont la pente était la même, soit 7%. Cela veut dire que le niveau du sol s'abaisse de 7 mètres de hauteur lorsqu'on parcourt 100 mètres de longueur dans le sens de la pente. Durant toute une année, ils ont récolté en bas de la pente toute l'eau de pluie qui s'écoulait à la surface du sol. Après avoir séparé l'eau, ils ont pesé la terre sèche pour constater la différence entre les parcelles observées. La figure 344 présente les résultats de leurs mesures.



Sur ce billon, le splash et le ruissellement ont dénudé les pommes de terre

Lorsque les surfaces sont plus pentues, les quantités d'eau et de terre qui quittent les parcelles dénudées sont beaucoup plus élevées.

En conclusion de ces observations, nous pouvons dire:

✔ **une bonne couverture du sol**, telle que celle des arbres de la forêt ou des herbes denses de la savane, empêche l'érosion;

- ✔ **un champ mis à nu court un très grand danger**: une grande partie de l'eau de pluie quitte le champ en entraînant avec elle des quantités importantes de terre;
- ✔ sur les pentes cultivées, le sol doit être mis à nu au début de chaque saison, alors que les pluies sont les plus intenses. Il est donc intensément soumis au risque de l'érosion pluviale à ces périodes. Des **bandes antiérosives** formées par des arbres, des arbustes et des herbes associés permettent d'arrêter le ruissellement des eaux avant qu'il ne devienne dangereux pour la terre.

343 *Ne confondons pas*

Distinguons bien deux choses:

- ⇨ le **ruissellement est un écoulement d'eau** à la surface du sol,
- ⇨ l'**érosion est le déplacement des matériaux** du sol **par l'eau** qui ruisselle (érosion hydrique) ou **par le vent** (érosion éolienne).

Le ruissellement peut être sans danger pour le sol, s'il est lent et calme, ou destructeur lorsque l'eau prend de la vitesse.

Combattre l'érosion hydrique, c'est d'abord **lutter contre la force de l'eau** en mouvement.

344 *Érosion de terres voisines, couvertes ou non de végétation, en Côte d'Ivoire*

1 cette terre en pente est recouverte par la forêt

Sous la forêt, toute l'eau de pluie tombant sur le sol y pénètre. Rien ne ruisselle vers le bas de pente. On ne trouve aucune trace d'érosion.

0 camion par hectare

2 cette terre en pente est entièrement dénudée

Sur ce sol nu, battu par les pluies, plus de la moitié de l'eau ruisselle en emportant les parties fines du sol. La quantité de terre accumulée au bas de la pente, du fait de l'érosion, équivaut à 200 camions par hectare.

200 camions par hectare

3 cette terre en pente est aménagée en bandes antiérosives composées de diverses plantes associées

Sur cette parcelle, l'eau qui ruisselle est arrêtée avec son contenu de terre par les bandes antiérosives. Peu d'eau arrive en bas de la parcelle. Un seul camion par hectare suffirait pour transporter la terre déposée au bas de la pente.

1 camion par hectare

345 *Pourquoi la terre est-elle fuyante dans les champs?*

D'abord, parce qu'**elle est frappée en force** par les gouttes de pluie. Elle est soumise au splash. Lorsque les mottes de terre sont brisées, il est facile à l'eau qui s'écoule d'emporter les parties les plus fines.

Ensuite, parce que les terres sont en pente forte et que l'**eau peut s'écouler** rapidement.

Mais surtout, parce que **rien n'est fait pour calmer l'eau** qui ruisselle.

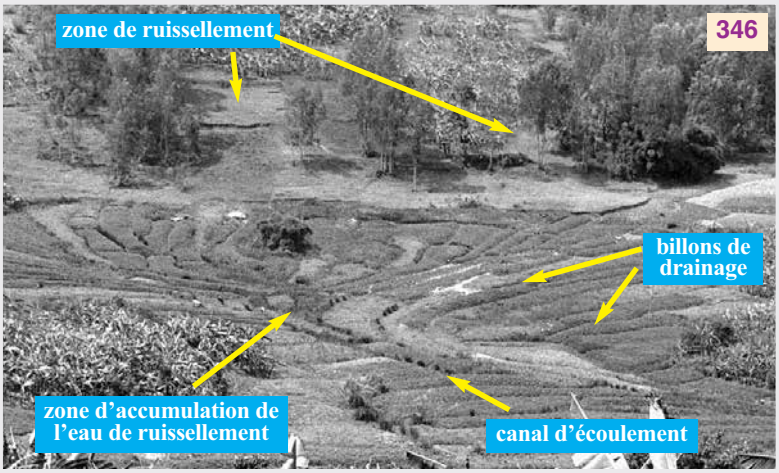
Éviter les effets du splash et calmer la force de l'eau ruisselant le long des pentes sont les deux actions principales pour préserver les champs contre l'érosion.

L'eau des bas-fonds

Les **BAS-FONDS** sont des zones basses situées au pied des pentes et des bassins versants. Les sols qu'on y trouve sont constitués par des accumulations de matériaux fins arrachés par le ruissellement de l'eau sur les terres situées plus haut.

Les textures et les structures des sols de bas-fonds sont différentes de celles qu'on trouve sur les flancs des bassins versants.

Les bas-fonds sont généralement plus humides que les plateaux et les flancs de colline. Les **MARÉCAGES** sont des bas-fonds dans lesquels l'eau stagne à la surface du sol. La structure des sols marécageux est mauvaise du point de vue agricole. Seules quelques plantes qui ne craignent pas d'avoir leurs racines dans l'eau peuvent y vivre. Pour cultiver ces terres, il faut les drainer.



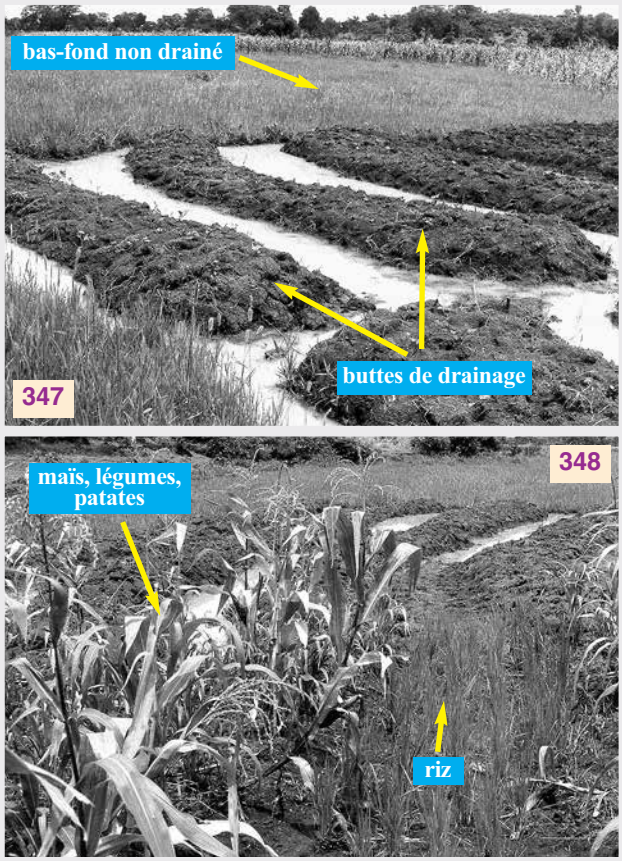
Un bas-fond au Rwanda. Les eaux qui ruissellent sur les pentes s'accumulent dans le bas-fond et y déposent les particules de limon et d'argile qu'elles y ont arrachées. Les cultivateurs ont organisé un drainage en vue de pratiquer la culture de haricot et de patate douce.

Procéder au **DRAINAGE** d'une terre, c'est permettre à l'eau qui imbibe cette terre de s'en écarter.

Voici deux exemples de drainage.

Sur la photo **346**, nous voyons un grand bas-fond marécageux que l'on a drainé. Les longues rigoles permettent à l'eau de s'écouler vers le ruisseau qui se trouve au centre de la photo.

La photo **347** montre le drainage effectué par des cultivateurs dans une plaine marécageuse. On a surélevé la terre pour former des planches de culture sur lesquelles ont été semés du maïs et de la patate douce. Entre les planches, dans les sillons inondés, on a semé du riz (**348**).



Marécage drainé au centre du Cameroun. La terre est relevée en buttes à mettre en culture. L'eau excédentaire s'accumule dans les sillons. Quelques semaines plus tard, le maïs et les légumes poussent sur les planches. Le riz se développe dans les sillons.

L'évaporation de l'eau du sol et la transpiration des plantes

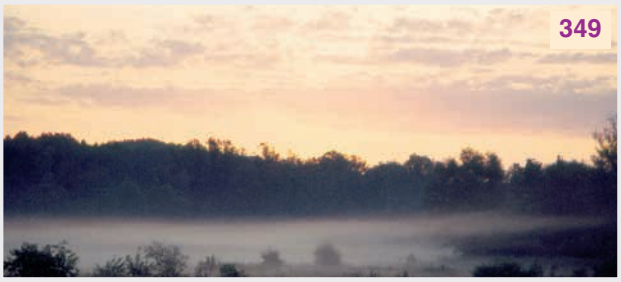
L'eau du sol est utilisée par les plantes. Celles-ci en ont besoin pour puiser les sels minéraux qui sont ensuite transformés en matière vivante, avec l'aide de l'air et de la lumière (chapitre 29).

L'eau contenue dans les plantes peut être **transpirée**. Les feuilles et les tiges la renvoient dans l'air sous forme de gouttelettes ou de vapeur.

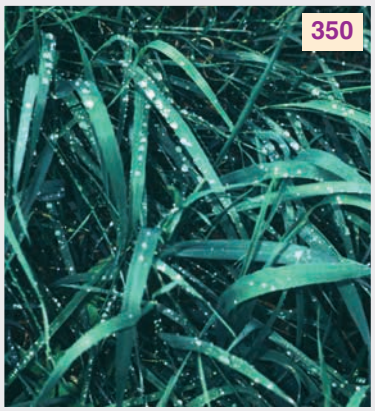
L'eau peut aussi être **évaporée** directement à la surface du sol, sans passer à travers les plantes. Devenue vapeur d'eau, elle se mélange à l'air et se met en mouvement avec celui-ci.

Toute l'eau qui quitte la terre sous forme de vapeur d'eau, soit directement, soit à travers les plantes, est dite évapo-transpirée (352). L'existence de l'**ÉVAPO-TRANSPIRATION** peut être constatée de plusieurs façons:

- le **sol se dessèche** sous l'effet du **vent** ou de la **chaleur**;
- les **plantes se flétrissent**. Cela se passe lorsqu'elles ont beaucoup transpiré et qu'il n'y a plus assez d'eau dans le sol;
- la **BRUME** se lève le matin au-dessus des champs ou de la forêt. Comme l'air est encore frais, l'eau évapo-transpirée durant la nuit est contenue dans l'air sous forme de très fines gouttelettes visibles. Plus tard, lorsque l'air s'échauffe au soleil, les gouttelettes deviennent de plus en plus fines et on finit par ne plus les voir (349). Le vent les emporte;
- la **ROSÉE** est observée à la fin de la nuit, et le matin, lorsqu'il fait frais. L'eau transpirée par les plantes se concentre en gouttes sur les feuilles durant la nuit fraîche, avant de retomber sur le sol ou de s'évaporer dans l'air plus chaud durant la journée (350);
- parfois, une **croûte** salée se forme à la surface du sol lorsqu'il s'est échauffé sous le soleil et que l'eau s'est évaporée. En remontant de bas en haut dans le sol, l'eau entraîne avec elle des sels minéraux. Elle les abandonne à la surface du sol en s'évaporant. Les sels, desséchés, forment la croûte (351).



La brume est constituée de gouttelettes d'eau. Une part de cette eau provient de l'évapo-transpiration de la terre.



La rosée se forme à la surface des feuilles humides durant les nuits fraîches.



La croûte de sel se forme lorsque l'eau salée remontant dans le sol par capillarité, s'évapore à sa surface.

Le tableau 352 fait le point concernant les mouvements de l'eau entre le sol et l'air, et caractérise l'évapo-transpiration.

L'évapo-transpiration est un phénomène lié aux caractéristiques de l'air: sa température, son humidité, ses déplacements (vents). Ces questions sont approfondies dans *"Les chemins de l'eau, ruissellement, irrigation, drainage"*.

L'eau s'infiltre dans le sol

Lorsque le sol est perméable, l'eau s'infiltre entre les grains de sable et d'argile. On parle de l'**INFILTRATION** ou de la **PERCOLATION**.

L'eau qui s'infiltre entreprend des voyages plus ou moins longs. Elle peut rester à proximité de la surface du sol (353) ou s'enfoncer en profondeur. Cela dépend de sa masse et des obstacles qu'elle rencontre dans les divers horizons du sol et du sous-sol. Dans ces horizons, elle peut remplir les grains d'argile et les faire gonfler (chapitres 14 et 15).

L'eau qui percole entraîne avec elle, vers les couches plus profondes, des sels minéraux qu'elle trouve dans les couches superficielles du sol qu'elle a lessivées.

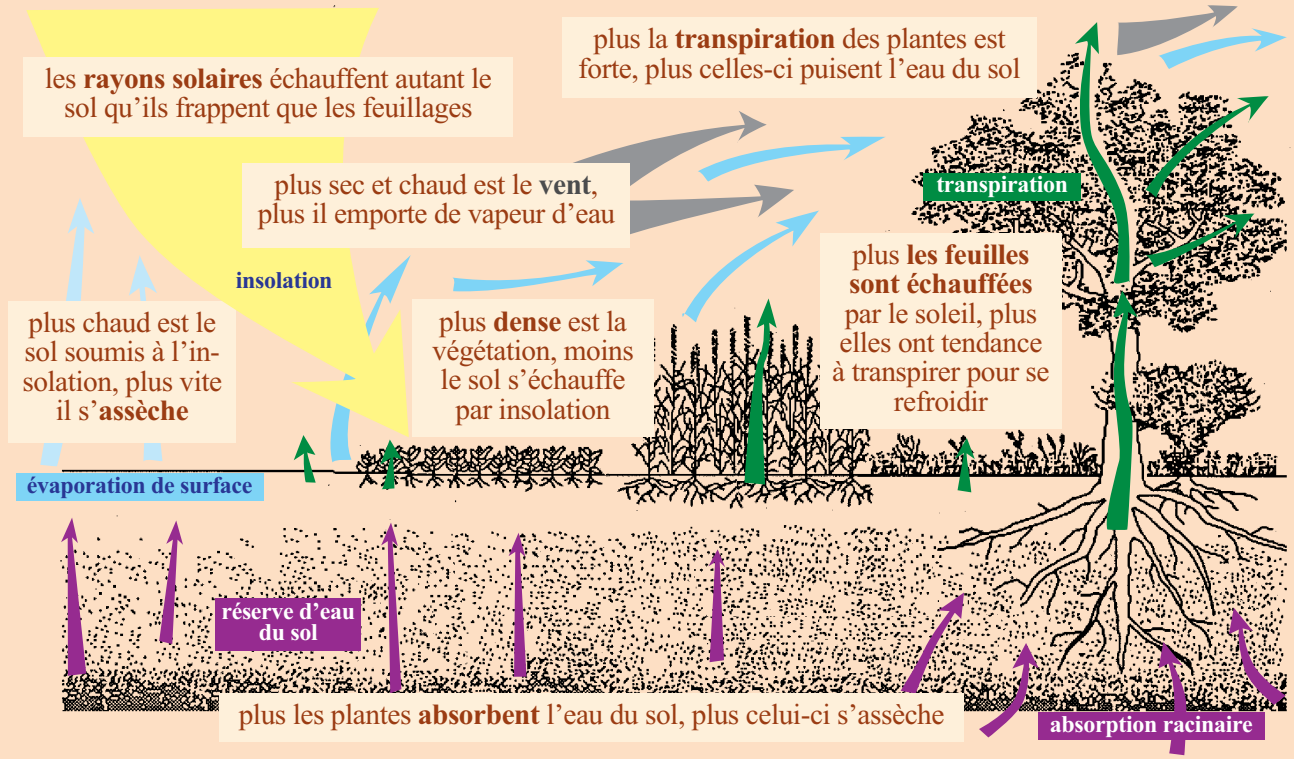
Voyons plus en détail ces deux points liés au mouvement de l'infiltration.

L'eau d'infiltration voyage dans la terre

L'eau qui s'infiltre rencontre des obstacles. La figure 354 représente une coupe dans une colline. A gauche, sous la colline, l'eau qui s'infiltre descend en profondeur (a). Elle s'accumule dans la nappe phréatique (b) posée sur une couche d'argile imperméable. Si l'on creuse un puits (c), l'eau de la nappe va s'écouler latéralement vers le puits.

Au centre de la figure, sous la pente, il y a une couche de roches et d'argile qui empêche l'eau de s'infiltrer profondément (d). Celle-ci s'écoule vers la droite et surgit à une **source**.

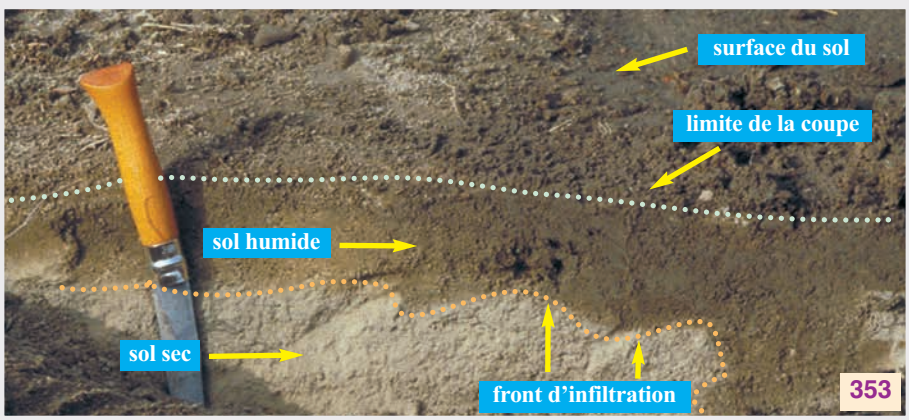
352 L'évapo-transpiration d'une parcelle de terre



évaporation à la surface du sol + transpiration des plantes = évapo-transpiration

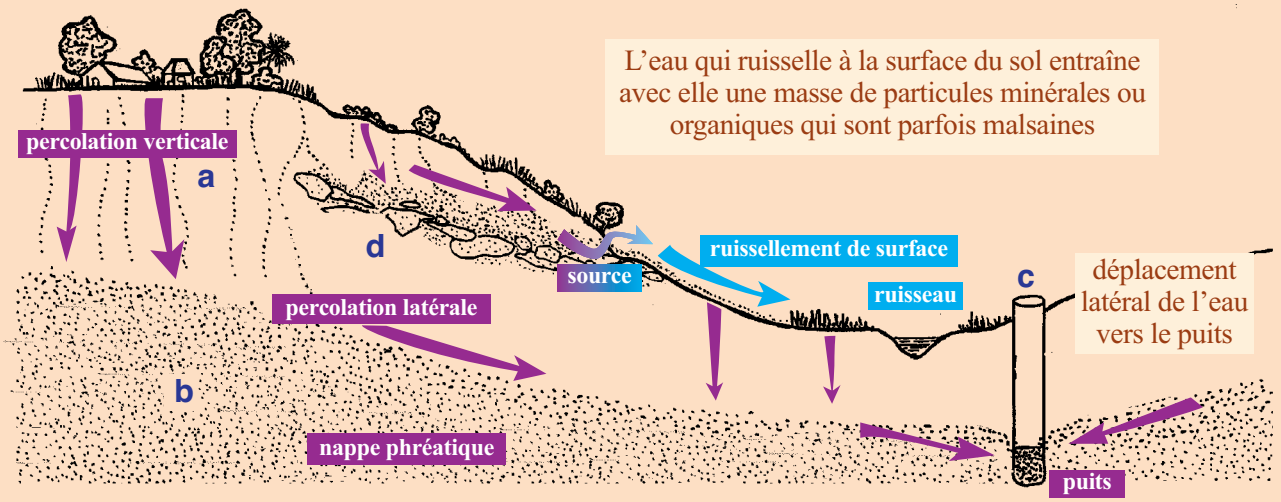
- L'évapo-transpiration est la quantité totale d'eau évaporée au-dessus d'une parcelle. Comme la pluie, elle se mesure en millimètres, par jour, semaine ou mois. S'il y a beaucoup d'eau dans le sol, qu'il fait chaud et que la végétation est active, l'évapo-transpiration est élevée. Par contre, s'il n'y a que peu de végétation et de racines pour puiser l'eau dans le sol, l'évaporation s'arrête dès que la couche superficielle du sol est asséchée.
- La transpiration est un phénomène biologique actif. Son importance dépend directement de l'activité foliaire et racinaire. L'évaporation à la surface du sol est un phénomène physique passif dont l'importance dépend de l'insolation, de la température et de l'humidité de l'air, des caractéristiques du sol et de la remontée capillaire qui s'y passe, de l'importance des vents.

La figure **354** nous fait comprendre qu'un puits ou un forage peut aller chercher l'eau qui l'approvisionne à une certaine distance. Dans le cas de forages assez profonds, l'eau puisée provient parfois de plusieurs kilomètres, dizaines de kilomètres ou plus. C'est ce qui explique qu'on rencontre des forages en plein sahel ou dans les déserts, alors qu'il n'y pleut pas.



Coupe dans le sol montrant l'infiltration de l'eau après une pluie

354 Infiltration, nappes d'eau, sources et puits



L'eau qui percole est filtrée par le sol. Les matières organiques et les micro-organismes sont piégés dans les pores du sol. Plus la couche d'infiltration est importante, plus l'eau est assainie.

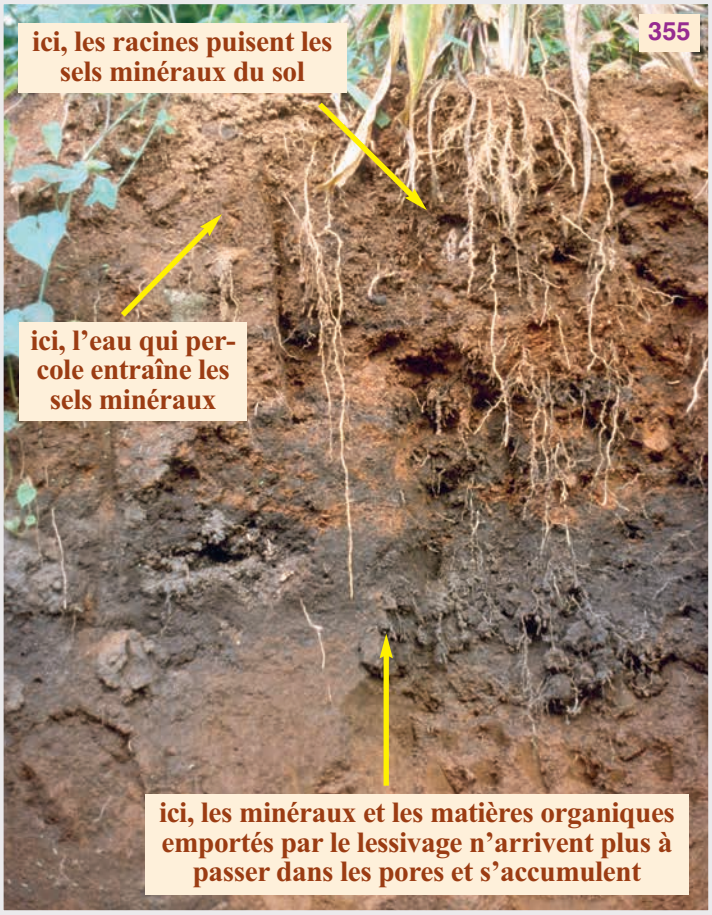
L'eau percolante peut se déplacer verticalement ou latéralement.

L'eau d'infiltration entraîne des matières minérales et organiques

L'eau qui s'écoule en profondeur entraîne avec elle des sels minéraux qu'elle prélève dans le sol: il y a **LESSIVAGE** des couches superficielles dans lesquelles se nourrissent normalement les plantes et il y a **ACCUMULATION** dans les couches plus profondes.

Le **lessivage** par l'eau qui percole **appauvrit** en sels minéraux et en argiles très fines la couche de sol traversée. Il se fait donc au détriment de l'alimentation des plantes. Par contre, les **couches d'accumulation** sont plus riches en minéraux, mais elles sont moins facilement accessibles aux racines.

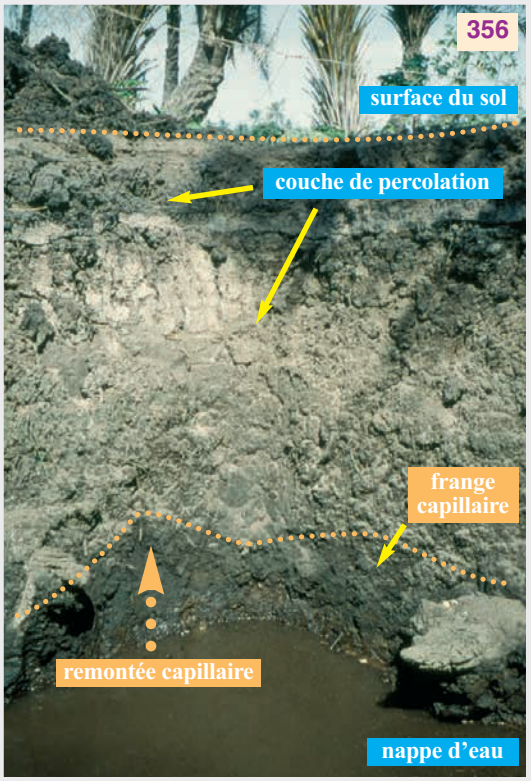
La photo **355** montre une coupe de sol dans laquelle on distingue bien la couche lessivée et la couche d'accumulation des sels minéraux, de l'humus et des argiles fines.



***Coupe dans un sol**: en haut, la couche lessivée et exploitée par les racines, en dessous, la couche d'accumulation des matières organiques.*

La remontée capillaire

Observons la photo **356**. Elle montre le flanc d'un puits. Nous voyons un sol argileux et sec à proximité de la surface du sol. Entre la partie sèche et le niveau de l'eau dans le puits, une couche de sol est humide. Cela s'explique par la **REMONTÉE CAPILLAIRE**. L'argile attire l'eau de la nappe phréatique vers le haut dans ses très fins pores, à cause d'une **force** dite **capillaire**. Mais cette force s'épuise à une certaine hauteur au-dessus du plan de la nappe. Nous pouvons d'ailleurs vérifier cela en posant une grosse motte d'argile sèche dans une assiette remplie d'eau. Nous verrons remonter l'eau jusqu'à une certaine hauteur.



Remontée capillaire sur la paroi d'un puits à partir d'une nappe d'eau souterraine

La remontée capillaire se manifeste au-dessus d'une nappe d'eau souterraine, qu'elle soit proche ou éloignée de la surface du sol. La **FRANGE CAPILLAIRE** est la couche de sol alimentée en eau par la remontée capillaire à partir du niveau de la nappe d'eau. Elle peut avoir une épaisseur de quelques dizaines de centimètres, lorsque l'argile est très fine, mais elle n'existe pratiquement pas dans les couches de sable grossier ou de gravier.

La remontée capillaire est déterminante dans les phénomènes de salinisation des terres, puisque l'eau d'une nappe légèrement salée qui se trouve à quelques dizaines de centimètres de la surface du sol peut s'évaporer en laissant sur place les sels qu'elle contient. Par contre, si la force capillaire n'est pas suffisante pour amener l'eau jusqu'à la surface du sol, la salinisation de celle-ci n'existe pas, faute d'évaporation.

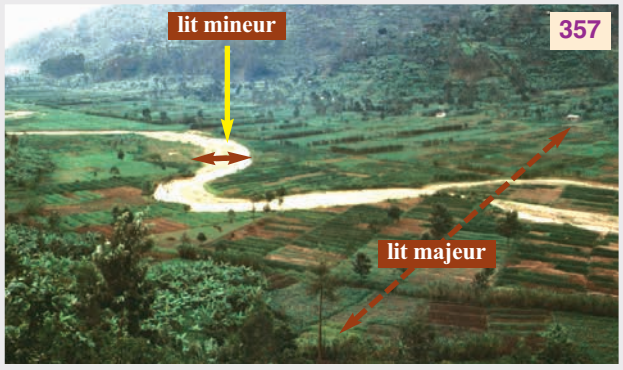
Les inondations

Il arrive que des terres basses soient envahies par les eaux, lorsque les reliefs naturels sont des plaines et que les pluies sont très fortes dans les bassins versants arrosant ces plaines. Les **INONDATIONS** peuvent avoir diverses caractéristiques et causes.

Des terres sont **naturellement** inondées lorsqu'une rivière est en crue saisonnière. L'afflux d'eau en provenance des bassins versants situés en amont n'arrive pas à s'écouler rapidement dans le cours ordinaire de la rivière, appelé **LIT MINEUR** (**357**). L'eau s'étale alors dans le **LIT MAJEUR**, au-delà des rives habituelles du cours d'eau.

Des agricultures de décrues sont organisées en fonction des débordements périodiques. La photo **358** montre par exemple comment des agriculteurs maliens cultivent diverses espèces après l'inondation d'un bas-fond, lorsque l'eau se retire. La mare déborde sur de larges superficies, au cours de la saison pluvieuse. Dès que l'eau se retire, les cultivateurs forment des planches et des buttes sur lesquelles ils plantent des patates douces, du gombo, des haricots, des aubergines ou des légumes. Ces plantes vont profiter longtemps de l'eau accumulée à faible profondeur dans la terre très argileuse du bas-fond.

La photo **359** montre une terre située dans le lit majeur du fleuve Sénégal, soumise à l'inondation chaque année. Elle est déjà prête pour les cultures. Pour profiter au mieux des ressources en eau infiltrée en profondeur, lors du passage de l'inondation, les graines ont été semées dans des trous de 20 à 25 cm de profondeur (**360**).



Le lit majeur de la rivière est inondé en période de crues s'il y a de fortes pluies.

358



Cultures de décrue sur une terre inondée chaque année autour d'un bas-fond. Le cultivateur progresse en même temps que l'eau se retire.

359



360



L'eau se retire en surface, mais elle reste disponible à quelques centimètres de profondeur.

Les graines sont semées dans des trous de 20 à 25 cm, afin qu'elles s'enracinent dans la couche restée bien humide.

361 Les inondations

Dans certaines régions, les inondations sont un grand fléau. Des masses d'eau importantes déboulent vers les terres basses et s'y accumulent. Si les ruisseaux et les rivières ne peuvent évacuer l'eau assez rapidement, et que la terre ne parvient pas à l'absorber, il y a inondation.

Certaines plaines basses sont soumises depuis la nuit des temps aux phénomènes d'inondations, en particulier aux alentours des grands fleuves ou autour des lacs de plaines. D'autres subissent les inondations depuis des temps récents. Le **déboisement** et les **mises en cultures peu précautionneuses** sont souvent la cause de ces nouvelles conditions d'inondations.

Remarquons que **inondations et sécheresses vont souvent de pair** puisque l'eau quitte les flancs de collines et de montagnes battus et imperméabilisés par les pluies, et se met à ruisseler vers les bassins versants, plutôt que d'y pénétrer. On constate donc l'engorgement des bas-fonds et la sécheresse des flancs de colline, alors même que la pluviométrie est satisfaisante. La meilleure façon d'y remédier est d'aménager les versants.

362



Rizière inondée artificiellement

Quels sont les mouvements de l'eau existant sur notre terroir? Quels sont ceux qui sont positifs pour l'agriculture? Et ceux qui sont fâcheux? Où et comment se manifestent le splash et la battance des pluies, le ruissellement, l'érosion, les inondations, l'infiltration de l'eau dans le sol? Y a-t-il des sources? Quel est le régime des ruisseaux et des torrents au cours de l'année?



Chapitre 19
Modifier les mouvements de l'eau

A la surface ou à proximité immédiate du sol, chacun des mouvements de l'eau peut être combattu, modifié ou contrôlé avec plus ou moins d'efficacité, au bénéfice de l'agriculture. Il existe pour cela toutes sortes de techniques. Le tableau **363** en relève un certain nombre. Chacune de ces techniques a son efficacité propre, mais le mieux est de les combiner.

Toute action relative aux mouvements de l'eau demande une analyse préliminaire, selon le principe général qui veut que **la connaissance approfondie d'un phénomène soit toujours un préalable aux bonnes décisions d'actions**. A chaque situation sur le terrain, correspondent des phénomènes d'infiltration, de ruissellement, d'érosion spécifiques: les pentes d'une colline ne sont pas identiques à celles d'une autre, les structures du sol en surface et en profondeur diffèrent d'un lieu à l'autre, les couverts végétaux ne sont pas semblables, le ruissellement se fait en nappe ou en rigoles, le sol est exposé au splash des pluies, les cultures ont des exigences variées, etc.

Lutter contre l'érosion

Quelles méthodes de lutte?

La lutte pour contrôler le ruissellement et l'érosion se fonde sur une observation approfondie. Il faut en effet **savoir exactement contre quelles forces on veut lutter**, **et le faire au bon endroit**.

Le tableau **364** indique quels sont quelques-uns des éléments à observer.

En conclusion des observations du terrain, on se questionnera sur les méthodes à mettre en œuvre pour la lutte:

- ❒ Faut-il **arrêter toute l'eau** qui ruisselle pour qu'elle stagne, et qu'elle s'infiltre dans le sol? Ou faut-il n'arrêter qu'**une partie de l'eau**?

363 ***Gérer les ressources en eau dans les champs: un ensemble de pratiques à mettre en œuvre séparément ou simultanément***

Diminuer le splash et la battance des pluies

- paillage et mulching
- couverture végétale précoce
- cultures associées
- agriculture multiétagée
- arborisation

Limiter l'évaporation à la surface du sol

- paillage et mulching
- arborisation
- binage et sarclage
- amélioration de la structure du sol
- fumure organique du sol
- couverture du sol par des matières artificielles

Réduire le ruissellement

- bandes herbeuses
- haies antiérosives
- accumulation de déchets végétaux
- fosses de plantation, zaï
- élévations de terre, diguettes en terre
- labours, sarclage, binage
- billonnage, billons cloisonnés
- labours en courbes de niveaux
- cordons pierreux, murettes, banquettes
- végétalisation des diguettes
- micro-barrages filtrants
- terrassements
- impluviums et demi-lunes
- fosses antiérosives
- fosses antiérosives végétalisées
- création de toutes formes d'aspérités à la surface du sol

Éviter la remontée de l'eau vers la surface du sol

- binage et sarclage
- amélioration de la structure du sol
- sous-solage
- multiplication des racines

Favoriser l'infiltration de l'eau dans le sol et le sous-sol

- Toutes les pratiques qui ralentissent ou arrêtent le ruissellement sont favorables à l'infiltration de l'eau dans le sol.

- ❒ Va-t-on pratiquer la **lutte mécanique** contre le ruissellement au moyen de terre, de pierres ou d'autres matériaux?
- ❒ Va-t-on **utiliser les plantes**, la paille ou d'autres matières végétales?
- ❒ Va-t-on utiliser plusieurs méthodes à la fois, en **combinant** la lutte mécanique et l'utilisation de végétaux?

Les réponses à ces questions dépendent de la topographie des parcelles, des pentes, des caractéristiques du sol, et en particulier de sa perméabilité, des types de culture qu'on veut y faire, etc. La perméabilité est un critère important, car la lutte antiérosive sur une terre sableuse est toute autre que sur des sols argileux plus compacts.

L'option la plus efficace est en général d'adopter une **série de mesures complémentaires** que nous allons détailler.

364 *Observations pour préparer la lutte antiérosive*

Observer l'eau

- ✔ les gouttes qui tombent
- ✔ l'eau qui s'écoule en nappe
- ✔ l'eau qui accélère et se concentre dans les rigoles
- ✔ l'eau qui chute à la tête des rigoles et des ravines
- ✔ l'eau brutale qui s'écoule dans les ravines

Observer le régime des pluies

- ✔ connaître la pluviométrie et la pluviosité
- ✔ connaître les périodes où les pluies sont les plus dangereuses pour le sol

Observer le sol

- ✔ sa composition et sa structure
- ✔ l'effet du splash sur les mottes et la structure
- ✔ sa surface plane ou rugueuse, lisse ou perforée
- ✔ les facteurs qui ont modifié le sol: le feu, le surpâturage, les labours, le piétinement,…
- ✔ le raclage de la couche superficielle par le ruissellement
- ✔ les pentes

Observer les éléments de fertilité ou d'infertilité

- ✔ l'argile et les colloïdes dans l'eau qui ruisselle
- ✔ les matières organiques emportées par le ruissellement
- ✔ la présence de fumure organique et d'humus
- ✔ l'accumulation de sel en surface du sol

Éviter la battance directe des pluies sur le sol

La lutte contre le splash et la battance des pluies est une première règle essentielle. Il s'agit de **briser l'énergie des gouttes avant qu'elles ne frappent violemment le sol**. Couvrir le sol est ce qu'il y a de plus efficace pour cela.

Paillage et mulching

Le **PAILLAGE** ou le **MULCHING** sont des méthodes efficaces (365 et 366). L'énergie des gouttes de pluie est dépensée sur les pailles ou les feuilles mortes, plutôt que directement sur le sol. Les gouttes d'eau se brisent sur le couvert végétal et se répandent calmement sur le sol. Celui-ci reste perméable. On peut le constater en soulevant la paille après une forte pluie (367).


365


366

Ces pailles et ce mulch sont des protections parfaites contre le splash des gouttes de pluie.

On peut réaliser le paillage et le mulching **en toutes périodes**, et en particulier en début de saison pluvieuse. C'est à ce moment que les pluies sont les plus violentes et donc les plus battantes. Paillage et mulching peuvent se faire avec toute une gamme de matériaux naturels: pailles, feuilles mortes, coques, glumes, débris d'écorces, branchettes, etc. Ils peuvent aussi être faits avec des fibres artificielles, des vieux sacs de jute, des toiles en plastique perforé et même des graviers.

Couvrir le sol par la végétation

La **couverture végétale** est efficace pour la lutte contre le splash. Les feuilles amortissent l'énergie des gouttes de pluie avant qu'elles n'atteignent le sol (368).

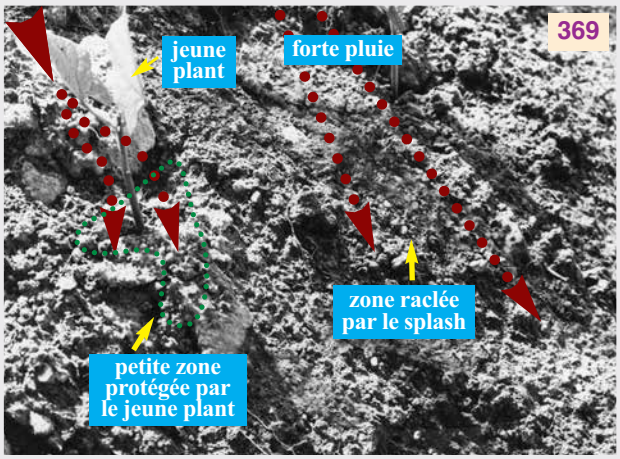
Sur la photo 369, on voit l'effet du splash sur le flanc d'un billon, après une forte pluie. Une couche de sol de 2 à 3 cm a été arrachée. On voit cependant qu'une petite portion de sol a été protégée juste en dessous des feuilles d'un jeune pied de haricot.



En bas, le sol compacté par la battance est imperméable. En haut, le mulch a empêché la battance. La structure du sol est intacte et perméable à l'eau s'infiltrant dans le mulch. L'humidité est favorable à la germination des graines.



Au plus vite le sol cultivé est couvert par la végétation, en début de saison pluvieuse, au moins sont élevés les risques du splash et de l'érosion.



Après une tornade, on constate que le jeune pied de haricot a protégé le sol contre le splash, sur une toute petite zone.

Dans les champs, les périodes où le sol est nu alternent avec celles où il est couvert. Les **risques** de destruction par le splash sont **très importants au début des saisons pluvieuses**, parce que les pluies sont très violentes à ces périodes, et parce que le sol est nettoyé en vue des semis.

Les pratiques de **cultures en association** ou d'agroforesterie sont généralement favorables à la lutte contre la battance des pluies.

La photo **370**, prise en R.D Congo, montre une parcelle dans laquelle sont associés le maïs, le haricot et la pomme de terre, semés à forte densité. En quelques jours, le sol est presque entièrement couvert par le feuillage. C'est le haricot et la pomme de terre qui assurent au plus vite cette couverture.

La terre des photos **371** et **372** contraste avec celle de **370**. On voit sur ces deux photos un sol entièrement livré à l'érosion par le splash et le ruissellement en nappe. Les petits poquets seront vite colmatés. Une pellicule de battance imperméable va se former et les tout jeunes plants risquent de manquer d'eau, même si la pluviométrie est globalement suffisante. L'eau aura en effet tendance à ruisseler plutôt qu'à s'infiltrer dans le sol. Si, après la pluie, une pellicule dure se forme à cause de l'insolation, les tout jeunes pieds n'arriveront peut-être pas à sortir du sol.



15 à 25 jours après les semis et les pemières pluies, le sol est entièrement recouvert par un mélange diversifié d'espèces. Plus denses sont les semis, plus rapidement est assurée la protection du sol contre le splash des pluies, au moment où elles sont les plus agressives.

Le rôle des arbres contre la battance du sol

La protection du sol contre la battance des pluies est aussi assurée par le feuillage des arbres. Il existe un **effet direct**: les gouttes de pluie sont interceptées par le feuillage des arbres, glissent d'étage en étage et retombent doucement sur le sol sans y provoquer de dégâts (**373**). Il existe aussi un **effet indirect**: les feuilles mortes tombées sur le sol autour de l'arbre constituent un mulch. Les meilleures espèces protectrices sont celles:

- ⇨ dont le feuillage **"fatigue" l'énergie** des gouttes de pluie sans toutefois les arrêter,
- ⇨ dont les feuilles mortes se répandent abondamment sur le sol alentour, en formant du **mulch**,
- ⇨ dont le **système racinaire favorise l'infiltration** de l'eau.





En début de saison pluvieuse, rien ne protège ces parcelles ni contre la battance, ni contre le ruissellement en nappe. En l'absence de lutte contre le ruissellement et l'érosion, les jeunes plants issus des semis risquent de manquer d'eau, même si la pluviométrie est normalement satisfaisante.

Ralentir le ruissellement, forcer l'eau à s'infiltrer dans le sol

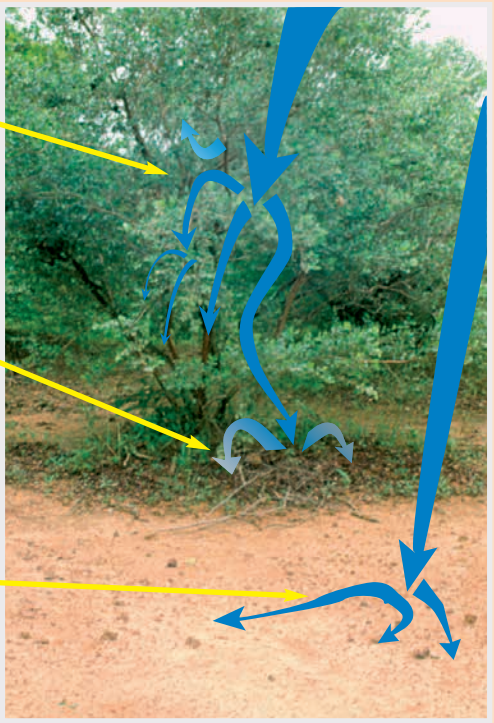
Au début des saisons pluvieuses, les terres de culture sont nues, alors que les pluies sont très agressives. Les risques d'érosion sont très importants à ces périodes. Des mesures s'imposent.

373 *Les arbres protègent le sol*

Les gouttes tombant sur les feuilles se divisent en gouttelettes qui s'écoulent doucement vers le sol. Une petite partie s'évapore

Les gouttelettes qui tombent sur la litière de feuilles la traversent et pénètrent dans le sol poreux sous-jacent

Les gouttes tombant directement sur le sol battu éclatent et se mettent immédiatement à ruisseler. Une faible partie seulement peut pénétrer dans le sol bouché



Lutter contre l'érosion par ruissellement au moyen de plantes

Le **rôle des plantes**, vu sous l'angle de la lutte contre l'érosion, est le suivant:

- ✔ leur feuillage **empêche la battance** directe de la pluie sur le sol. Nous venons de le voir. Sous les plantes et les arbres, le sol est **plus perméable**. Il n'y a pas de pellicule de battance, et l'assèchement par les rayons du soleil est moindre que dans les endroits dénudés;
- ✔ leurs **racines** "travaillent" le sol et le rendent plus perméable. **L'infiltration est facilitée**;
- ✔ leurs déchets sont eux aussi efficaces. Ils couvrent le sol, et ils abritent des êtres vivants qui améliorent la **structure** du sol. Les termites, par exemple, viennent manger les déchets végétaux et creusent dans le sol de nombreuses galeries dans lesquelles l'eau s'engouffre.

Les techniques de lutte antiérosive utilisant les plantes sont nombreuses. Relevons-en quelques-unes.

Les bandes herbeuses

Les photos **374** et **375** montrent des bandes d'herbes antiérosives. Elles sont établies perpendiculairement à la pente, même très faible, du terrain. Elles traversent les champs de part en part. Les souches sont bien serrées. Le rôle joué par ces **BANDES HERBEUSES** est double: elles **ralentissent** l'eau qui a tendance à ruisseler en nappe et elles **perméabilisent** le sol.

Une bonne bande herbeuse antiérosive doit respecter certaines **conditions**.

- ❑ Les souches doivent être **très serrées** (**376**),
- ❑ la bande doit être **filtrante** et ralentir l'eau qui ruisselle, plutôt que l'arrêter,
- ❑ la bande est **assez large**, afin de créer des zones d'infiltration suffisantes,
- ❑ elle est établie en **courbes de niveaux**.

Les bandes herbeuses doivent se succéder. Plus la pente est forte, plus courte sera la distance entre elles.

Si les bandes herbeuses sont bien établies, elles ont un effet de terrassement. La terre enlevée dans le haut de la parcelle s'accumule devant la bande herbeuse. La photo **377** montre ce terrassement. Au cours des saisons, de la terre a été déposée devant les bandes herbeuses, sur une épaisseur d'environ 20 centimètres. Malheureusement, le mauvais entretien de


374


375

Les meilleures herbes sont celles qui combinent les qualités antiérosives de leurs souches et une bonne valeur fourragère.

376 *L'efficacité des bandes herbeuses antiérosives dépend de leur structure*



Les souches sont séparées ou disloquées. L'eau ruisselante s'engouffre dans les passages libres et s'infiltre peu devant la ligne herbeuse. Des rigoles se forment. Ce type de bande peut accélérer l'érosion plutôt que la ralentir.





Les souches sont entremêlées. Près de la surface du sol, l'herbe est serrée et dense. L'eau est ralentie sur toute la longueur de la bande et est obligée de stagner et de s'infiltrer.

cette bande a ouvert un passage d'eau et a laissé la place à une petite chute qui sera à l'origine d'une ravine, si la bande herbeuse n'est pas réparée. La destruction sera d'autant plus forte que le passage d'eau attirera vers lui des masses ruisselantes provenant des parties latérales de la parcelle.

Pour éviter les risques de destruction visibles sur cette photo, il est intéressant de compléter la protection du champ par des bandes herbeuses perpendiculaires aux courbes de niveau en vue de constituer un quadrillage.

Les haies antiérosives

Comme les bandes herbeuses, les haies arbustives et arborées correctement établies sont efficaces pour lutter contre le ruissellement et l'érosion hydrique.

On peut composer des haies au moyen d'**une seule espèce végétale**, comme on le voit sur la photo **378**. Les boutures d'*Euphorbia balsamifera* (salanes) ont été plantées les unes contre les autres. Un lacis de branchettes et de feuilles s'est constitué au pied de la haie. L'ensemble forme une barrière qui ralentit l'eau ruisselante et qui la force à déposer les grains de sol et les déchets qu'elle transporte.

Efficace contre le ruissellement, cette haie l'est aussi contre le vent, et elle sert de clôture pour éviter la divagation du bétail.

Les haies antiérosives les plus efficaces sont celles qui sont composées de **plusieurs espèces végétales**, tant herbacées qu'arbustives et arborées (**379**). Les touffes d'herbes, bien serrées, filtrent l'eau à la base de la haie, l'obligeant à déposer les particules de terre transportées. Les arbres et les arbustes, bien enracinés, favorisent l'infiltration de l'eau. S'ils sont bien choisis, ils amènent une production non négligeable.

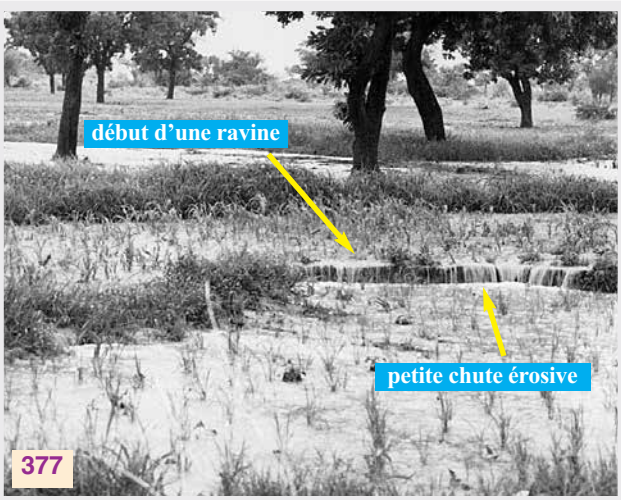
La photo **380** montre une haie dont la continuité n'est pas assurée au niveau du sol. L'eau peut s'engouffrer dans les brèches en accélérant, et y amorcer des rigoles ou des petites ravines.

Comme les bandes herbeuses, les haies serrées provoquent la formation de terrasses. Le mécanisme de cette formation est expliqué à la figure **381**. On voit un exemple de terrasses ainsi constituées à la photo **382**.

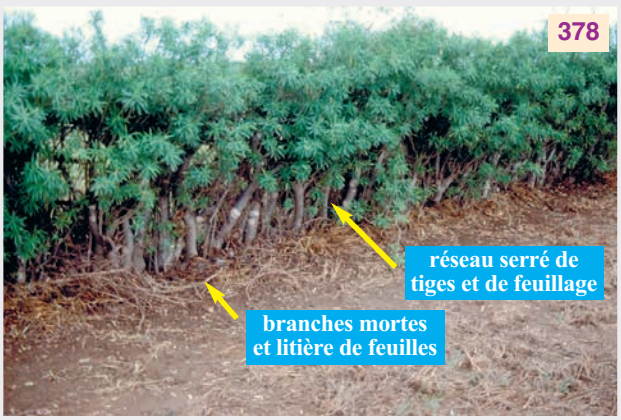
Le tableau **383** montre comment peut se faire un aménagement collinaire complet.

Utilisation de matériaux d'origine végétale

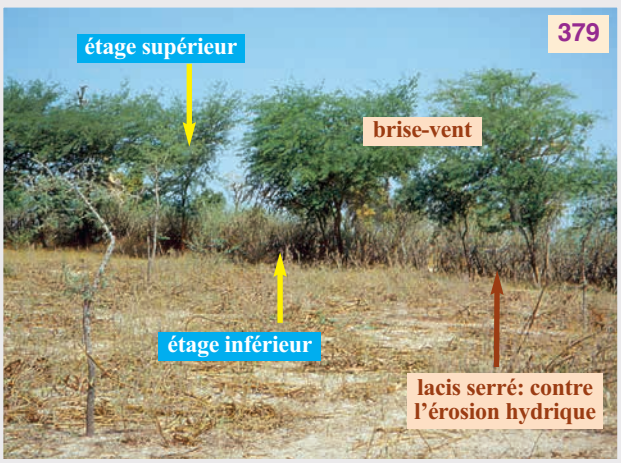
Une lutte efficace peut être obtenue simplement en disposant les débris végétaux (pailles, branchettes, etc.) en bandes sur le sol. Voici un exemple sur une terre en pente forte (**386**).



L'effort de lutte antiérosive est ici compromis par le manque d'entretien de la bande herbeuse. L'eau qui chute emporte la terre précédemment accumulée devant la bande herbeuse.



Haie dense d'euphorbes au Sénégal



Haie antiérosive bien établie avec son étage élevé productif et son étage bas dense. Elle est aussi bien constituée pour la lutte contre les vents.

380



Cette haie ne joue pas de rôle efficace pour la lutte antiérosive puisque l'eau ruisselante la traverse pratiquement sans rencontrer d'obstacle qui la ralentisse. L'étage supérieur favorise le ralentissement des vents, alors qu'au niveau du sol, ils ont tendance à s'accélérer.

La lutte mécanique contre l'érosion

La lutte antiérosive "mécanique" est celle qui se fait en déplaçant le sol lui-même ou en utilisant des pierres. Citons en particulier:

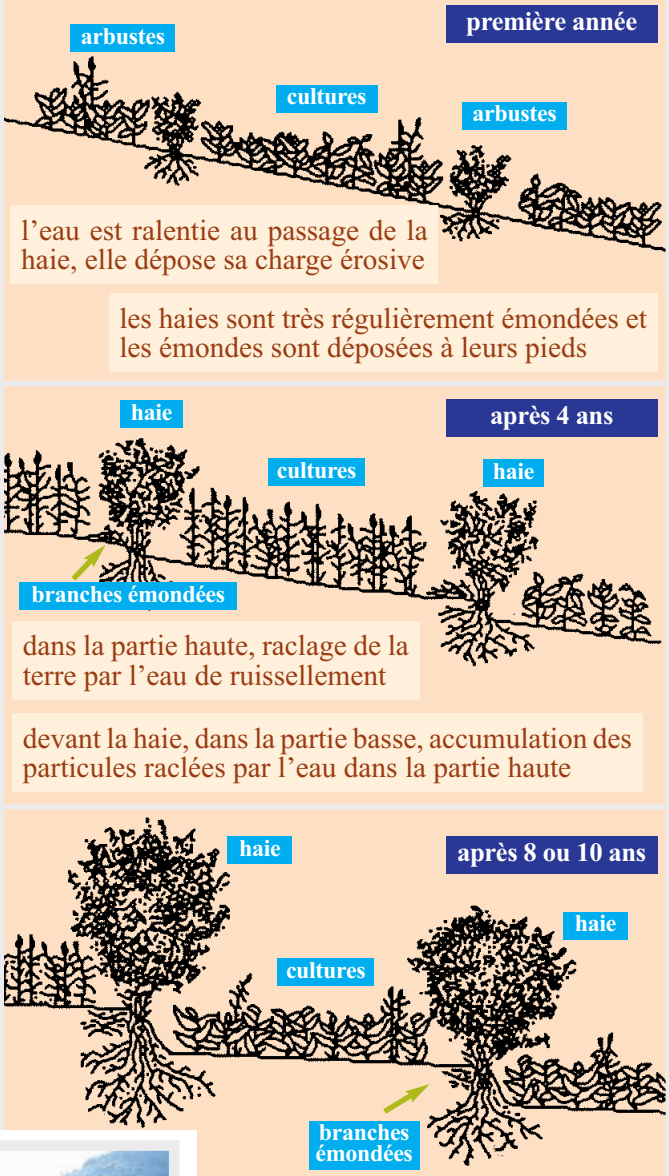
- ❒ les **labours** antiérosifs,
- ❒ les **diguettes** en terre,
- ❒ les **cordons pierreux** et les **murettes**,
- ❒ les **fosses antiérosives**,
- ❒ les **micro-barrages filtrants**,
- ❒ les **fosses demi-lune** ou **impluvium**.

Ces aménagements peuvent se combiner entre eux.

382



381 Formation de terrasses antiérosives



Notes

383 Un aménagement collinaire complet

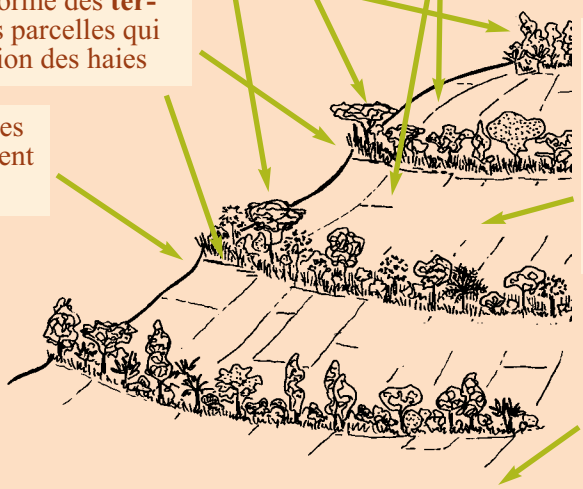
Les lignes d'arbres et d'arbustes sont composées de **plusieurs espèces**. Certaines sont directement utiles à la **consommation**, comme le papayer, le pois cajan, le bananier. D'autres espèces, **fertilitaires**, servent à protéger et améliorer le sol. Entre les arbres, on sème des espèces d'herbes **fourragères**

Massif d'arbres, d'arbutes permanents ou de bananiers sur le sommet de la colline. Le sol est bien protégé à cet endroit

Parcelles de cultures saisonnières. Le sol est mis à nu lors de chaque mise en culture. Il est soumis au splash et à une érosion active en saison pluvieuse. C'est pourquoi, on **laboure perpendiculairement** aux pentes les plus fortes sur lesquelles ruisselle l'eau

Les herbes et les arbres des haies freinent ou arrêtent l'eau qui ruisselle sur les pentes. La terre fuyante est arrêtée le long des bandes d'herbes. A la longue, il se forme des **terrasses** moins pentues que les parcelles qui existaient avant l'implantation des haies

Des **fosses** antiérosives creusées en contrebas des haies complètent la lutte contre l'érosion



Sur ces parcelles, il y a **association** et **rotation** des cultures couvrant rapidement le sol en vue de le protéger contre le splash. On trouve aussi des **jachères** herbeuses de courtes durées

La présence des lignes d'arbres et de plantes permanentes est favorable aux **sources** situées en contrebas



384

*Terrasses bordées de haies biodiversifiées (**384**) ou de simples lignes de sétaria (**385**)*



385

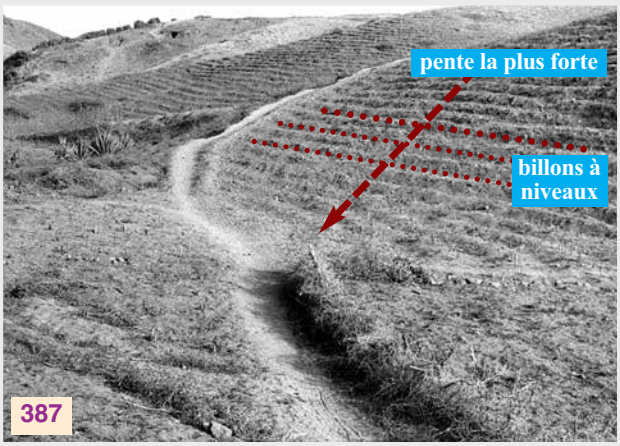
Labours antiérosifs

Pour favoriser la pénétration de l'eau dans le sol, on réalise des billons établis perpendiculairement au sens de la plus forte pente le long de laquelle l'eau risque de ruisseler (**387**). Mais sur les terrains en pente, il y a toujours un risque que l'eau excédentaire, tombant dans les billons, trouvre un passage et se mette à creu-



386

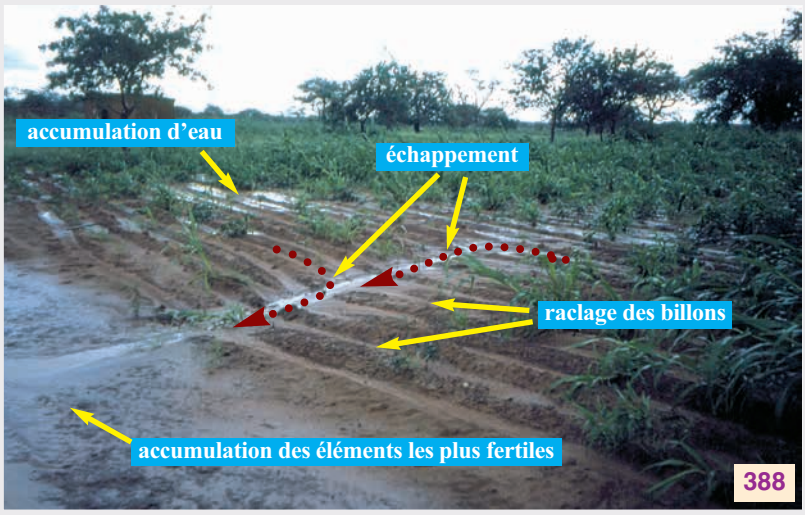
ser des rigoles ou des ravines, comme on le voit sur la photo **388**. Pour contrer ce risque, on peut réaliser des **BILLONS CLOISONNÉS**. L'eau est ainsi emprisonnée entre les billons par des cloisons qui croisent les sillons (**389** et **390**). Pour que le cloisonnement soit efficace, il est nécessaire de prévoir l'écoulement des eaux excédentaires et de les canaliser correctement sans risquer de provoquer du ravinement.

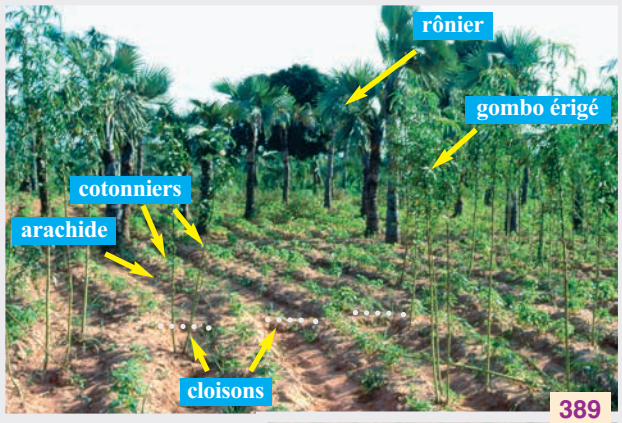


Labours en billons, établis en suivant les courbes de niveau (Cap Vert)

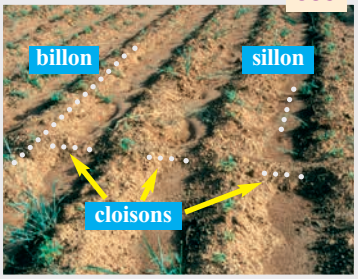
Dans un premier temps, les billons se remplissent d'eau, puis, lorsqu'ils sont remplis, l'eau cherche à s'échapper par là où elle trouve un passage. Si cet échappement n'est pas canalisé et contrôlé, une ravine peut s'installer.

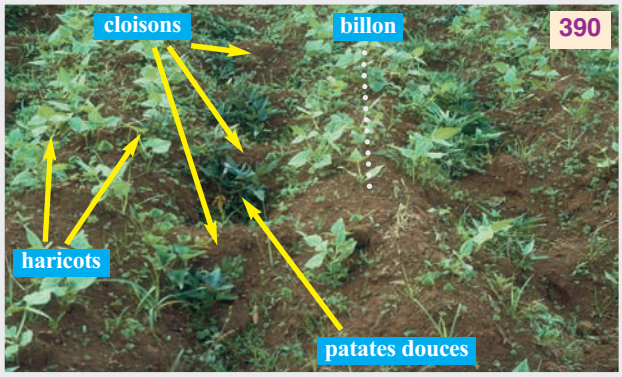
Ici, on voit que le billonnage est bien fait, mais, faute de cloisonnement, une bonne partie de l'eau de pluie quitte le champ en emportant avec elle l'argile, les limons et les colloïdes arrachés au sommet et sur le flanc des billons.





Billons cloisonnés dans un champ multiétagé (ci-dessus) et dans un champ saisonnier (ci-dessous)



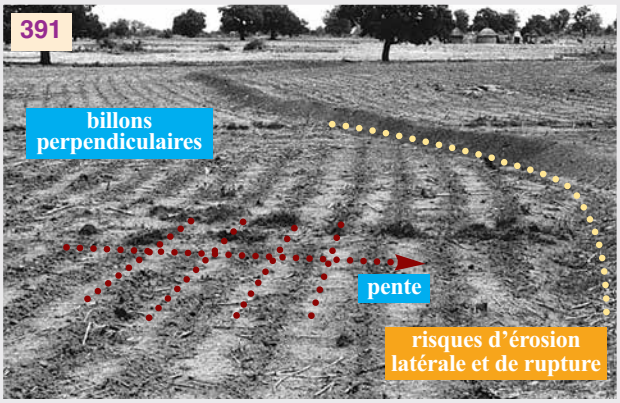


Diguettes en terre

Lorsque l'eau s'écoule lentement en nappes, on peut établir de longues **DIGUETTES** en terre de 40 à 60 cm de hauteur. Mais leur crête (sommet) doit être disposée strictement à l'horizontale. Si elle ondule, ou qu'elle comporte des dépressions dues aux passages des hommes, des vélos, des animaux, des véhicules, l'eau peut déborder et saper la diguette.

Voici une diguette en terre (**391**). En saison pluvieuse, elle enferme l'eau dans la partie du champ située à gauche. Le labour en billons a été fait perpendiculairement à la pente.

Ce type de diguette est assez sensible. L'entretien doit être permanent pour évi-



Diguette en terre et labour en billons se complètent.

ter les ruptures provoquées par le ruissellement latéral, le long de la diguette, ou les débordements aux endroits affaiblis par le passage des hommes ou des animaux. Cette technique doit faire partie d'un ensemble de mesures:

- on **cloisonne les parcelles** afin d'éviter que l'eau qui s'accumule devant la diguette ne s'écoule latéralement,
- on établit les **labours** ou les billons **perpendiculairement aux pentes du terrain** et on les cloisonne, pour les mêmes raisons (391),
- on "**végétalise**" la diguette en terre afin de la stabiliser (392). Ce sont les racines et les déchets végétaux qui stabilisent la diguette.



Diguette en terre végétalisée

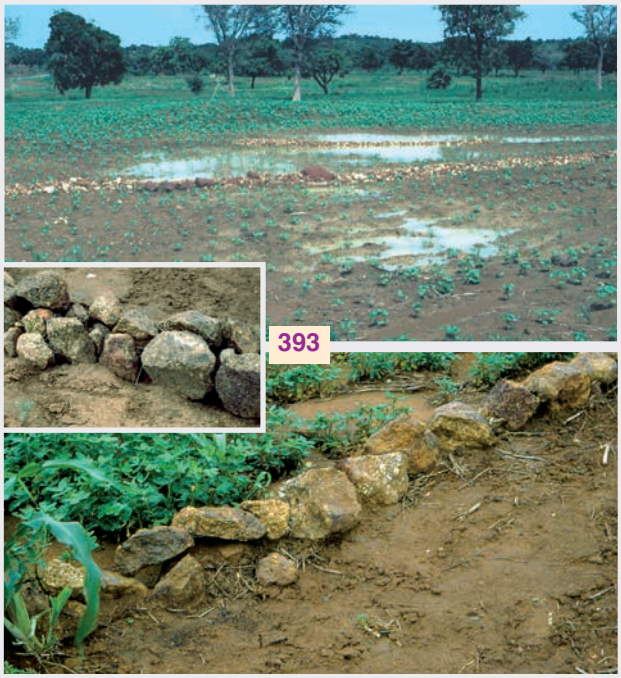
Cordons pierreux et murettes

Une autre technique de lutte contre le ruissellement érosif est celle des **CORDONS PIERREUX** (393). Les cordons sont établis en courbes de niveau. Lorsque l'eau ruisselle, le cordon la ralentit et la filtre. Des dépôts de paille, de fumier, de particules de sol se forment devant le cordon (395).

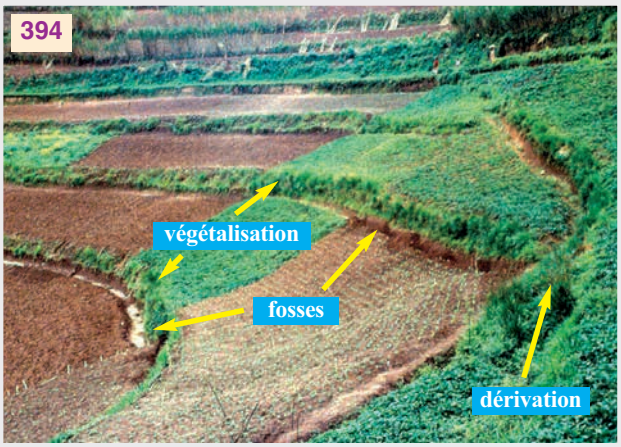
Lorsque les pentes sont fortes, la technique des cordons pierreux est insuffisante. Il faut établir des **MURETTES** ou **BANQUETTES** de pierres (396). Là où il existe des petites ravines, des micro-barrages sont établis pour compléter les murettes.

Comme pour les diguettes de terre, l'entretien des murettes doit être soigneux. Leur rupture peut engendrer de graves dégâts. La végétalisation des murettes les renforce et accentue l'effet de filtrage de l'eau ruisselante.

Certaines populations habitant dans des zones où les pierres ne manquent pas ont adopté la technique des murettes pour s'assurer de la conservation de leurs sols. Les photos du tableau 396 montrent des exemples de cette pratique.

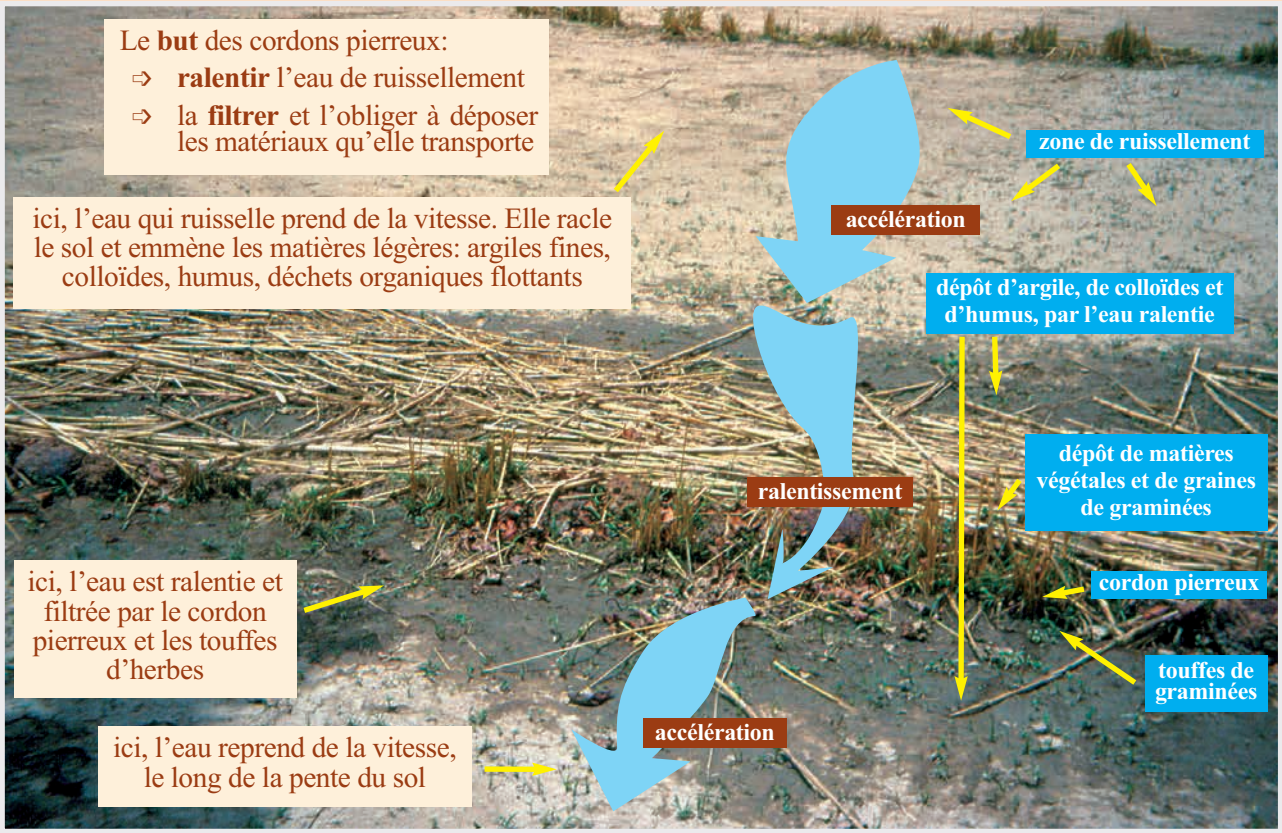


L'eau ralentie par le cordon pierreux dépose les matières qu'elle transporte.



Plus la pente est forte, plus les fosses doivent être rapprochées.

395 L'action des cordons pierreux

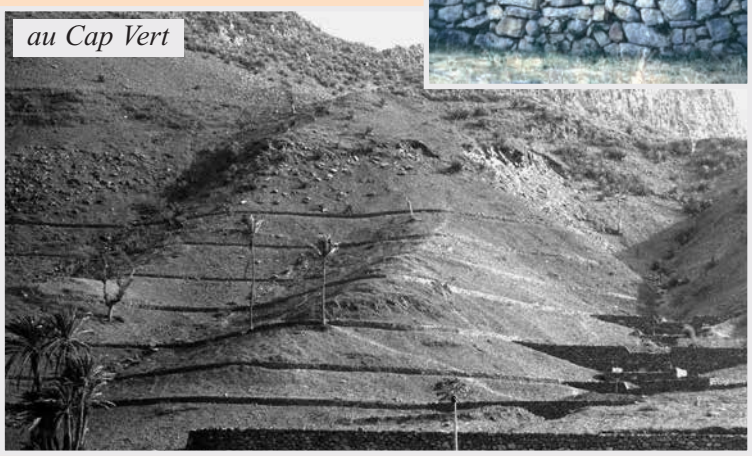


396 Murettes

Les murettes permettent d'aménager des terrasses planes. Elles peuvent être plus ou moins élaborées, selon les moyens disponibles.









Les fosses antiérosives

Les **FOSSES ANTIÉROSIVES** (ou fossés) sont creusées le long des pentes fortes afin de piéger l'eau et les matériaux qu'elle transporte. On en voit un exemple sur la photo **394**. Une série de fosses se succèdent le long d'une courbe de niveau. Chaque fosse récolte l'eau de la surface qui se trouve au-dessus d'elle, ainsi que les matériaux arrachés à cette surface.

L'eau accumulée va s'infiltrer dans le sol, sous la fosse. Les matériaux accumulés dans celle-ci sont enlevés régulièrement et déposés au-dessus. La dimension des fosses est calculée de façon à ce qu'elles puissent contenir toute l'eau qui ruisselle sur leur surface de captage et que cette eau ait le temps de s'infiltrer dans le sol. Pour éviter le remplissage rapide des fosses et leur débordement, on végétalise la bordure supérieure. On le voit sur la photo **394**. Les herbes qui poussent là filtrent l'eau et forcent les matériaux qu'elle transporte à se déposer.

La technique des fosses est efficace tant que les entretiens se font correctement. Si tel n'est pas le cas, les risques de ravinements ou de décrochages brusques sont élevés. On voit par exemple sur la photo **397** comment d'importantes masses de terre ont été emportées suite au débordement de fosses.



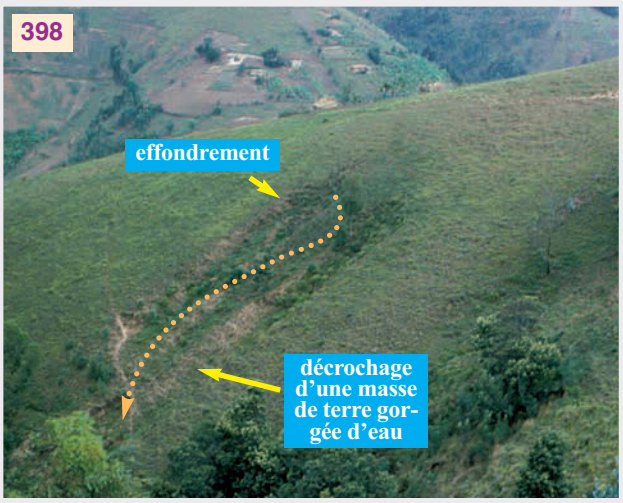
Lorsque les fosses sont mal entretenues et qu'elles débordent, le ravinement s'installe et des effondrements se manifestent.

La technique des fosses antiérosives est efficace sur les terres en fortes pentes. Mais elle **doit respecter plusieurs conditions:**

- donner aux fosses un **volume suffisant** pour absorber toute l'eau ruisselant sur leur surface versante ou aboutissant dans ces fosses lors d'une pluie;
- **entretenir constamment** les fosses en les curant. Les fosses comblées par de la terre n'arrêtent plus l'eau;
- **permettre à l'eau excédentaire de s'écouler** lentement de fosse en fosse, vers des rigoles spécialement aménagées à cet effet, en bordure de la parcelle protégée. Il faut éviter à tout prix que les fosses ne débordent, car cela entraîne automatiquement la formation de rigoles et la destruction des flancs de la fosse, comme sur la photo **397**;
- **ramener la terre curée vers le haut**, à bonne distance de la fosse;
- **végétaliser** les bords des fosses au moyen d'herbes ou de haies;
- **fixer les terres** qui risquent de s'ébouler lorsqu'il y a excès d'eau, par exemple **en les boisant**.

La figure **399** et la photo correspondante présentent la technique.

Les **SOLIFLUCTIONS** sont des effondrements qui interviennent lorsque, sur une pente forte, la terre absorbe de l'eau et s'alourdit, par exemple aux abords d'une fosse (**398**).



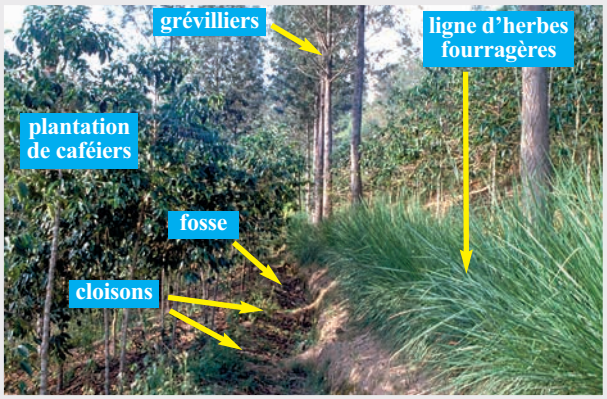
De l'eau accumulée dans le sol a alourdi une masse de terre qui s'est effondrée le long de la pente.

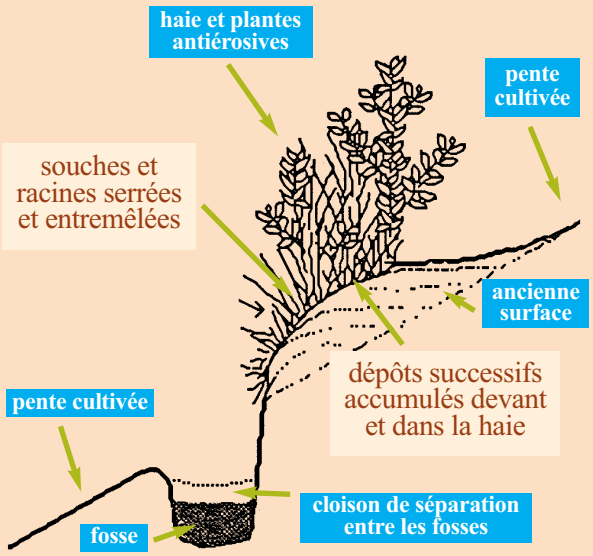
Les microbarrages filtrants

Les **MICROBARRAGES** filtrants sont des constructions en pierres destinées à **ralentir l'eau** dans une ravine ou un bas-fond. L'eau qui traverse le microbarrage ralentit et dépose devant lui les matériaux qu'elle transporte. Le ralentissement favorise l'infiltration. Les microbarrages filtrants n'ont pas pour but de retenir l'eau. Il ne faut pas les confondre avec des barrages de retenue dont le but est de créer des réserves d'eau de surface.

Les dimensions des microbarrages et le type de matériaux utilisés dépendent des caractéristiques topographiques des lieux dans lesquels on les installe et de la

399 Fosse antiérosive





dépôt de limon et d'argile ayant pu traverser la bande végétale antiérosive

Le curage régulier des fosses est absolument nécessaire pour éviter:

- que l'eau ne déborde et ne se déverse brusquement
- que la masse lourde des dépôts ne provoque un décrochage brutal ou une solifluxion

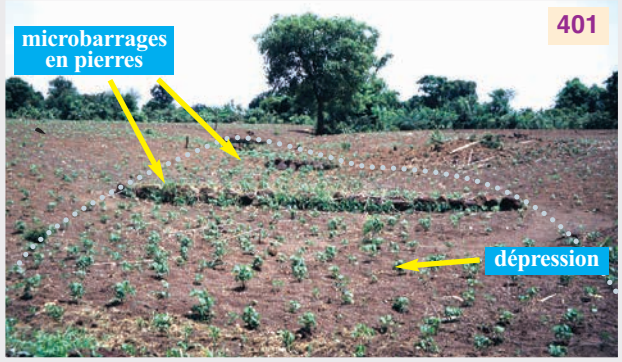
Les dépôts sont rejetés vers le haut lors du curage de la fosse, derrière la ligne d'herbe.

superficie des bassins versants dans lesquels on les construit.

Voici un aménagement rudimentaire réalisé en piquets et en fascines de bois (**400**). Il ne résistera pas plus d'une saison, probablement, mais il est efficace si on veut agir urgemment à la tête d'une ravine naissante.



Microbarrage filtrant rudimentaire, réalisé en branchages et en fascines



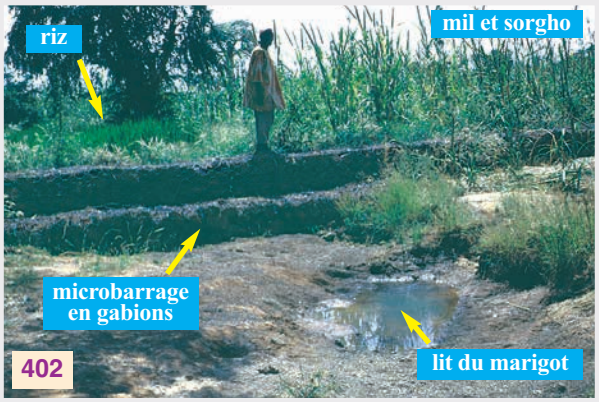
Ces trois microbarrages filtrants sont établis en vue d'éviter l'installation d'une ravine dans la partie déprimée de la parcelle.

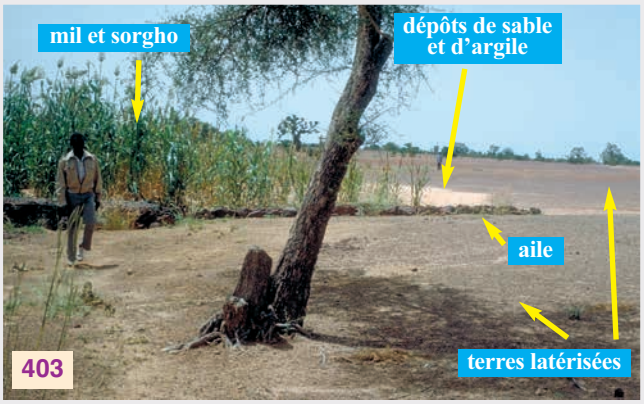
Un aménagement plus durable pourra se faire ensuite, comme par exemple les microbarrages élémentaires établis pour limiter le ruissellement érosif dans une légère dépression cultivée (**401**).

Voici par contre un microbarrage de beaucoup plus grande dimension destiné à ralentir l'eau s'écoulant à partir d'un grand bassin versant comprenant de vastes superficies de terres latérisées. La photo **402** est prise de face, à partir du lit du marigot. Deux étages de gabions ont été superposés. Sur la photo **403**, nous voyons l'une des "ailes" du même microbarrage filtrant. Dans le fond et sur les côtés, on voit les terres latérisées du bassin versant. Devant le microbarrage (en amont), on voit le dépôt de sable et d'argile laissé par l'eau ralentie.

Un sol a été reconstitué devant le barrage. La culture des céréales, disparue à cet endroit depuis plusieurs années, est à nouveau possible dans cette zone qui était abandonnée. On voit qu'un peu de riz a été semé juste dans le lit du marigot, devant le barrage.

Des aménagements de ce type sont le plus souvent réalisés avec des moyens communautaires ou collectifs. Leurs dimensions exigent une concertation entre les tenants des droits fonciers, en amont et en aval du





Effets d'un microbarrage filtrant, en gabions, dans un petit bassin versant rendu inculte par la latérisation



Les gabions sont des paniers tressés en fil de fer dans lesquels on range un mélange de grosses et de petites pierres. L'eau qui les traverse est ralentie et dépose les graviers et une partie du sable et des déchets organiques qu'elle charrie. A force d'être ralentie devant les gabions filtrants, elle a plus de temps pour s'infiltrer en amont du microbarrage.

microbarrage. Les pierres peuvent être accumulées simplement, ou, mieux, être placées dans des grillages pour former des **gabions** (404).

La photo 405 montre un bassin versant montagneux au Cap Vert. Au centre, on y voit un microbarrage barrant le torrent. Une petite plaine s'est formée devant lui avec le dépôt d'alluvions prélevées sur les flancs collinaires voisins. Ceux-ci ont, eux aussi, été partiellement aménagés afin de diminuer la quantité d'eau ruisselant dans le torrent au moment des quelques rares pluies annuelles.

Les microbarrages de retenue

Les **microbarrages de retenue** ont pour but d'accumuler des réserves d'eau à la surface du sol. Ils diffèrent des microbarrages filtrants dont le but est de ralentir l'eau et de lui permettre de s'infiltrer dans la terre.

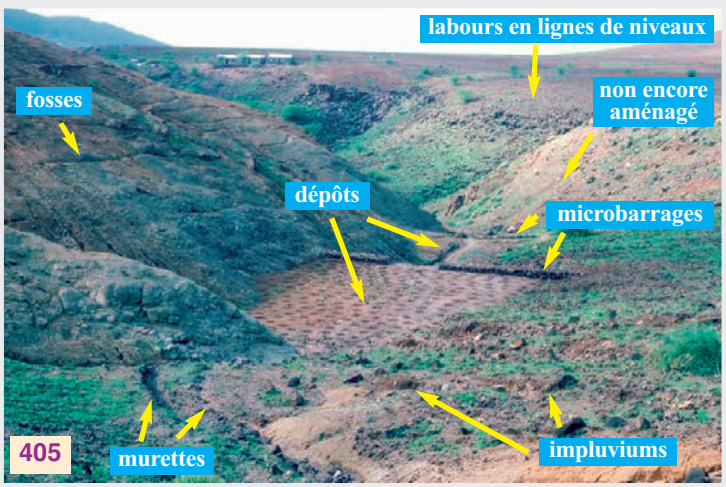
On consultera le livre *"Les chemins de l'eau, ruissellement, irrigation, drainage"* pour aborder plus précisément la question des microbarrages de retenue, ainsi que d'autres matières non abordées dans ce chapitre-ci.

Demi-lunes ou impluvium

Les **DEMI-LUNES** antiérosives, ou **IMPLUVIUM**, sont des pièges à eau construits en pierres ou en terre.

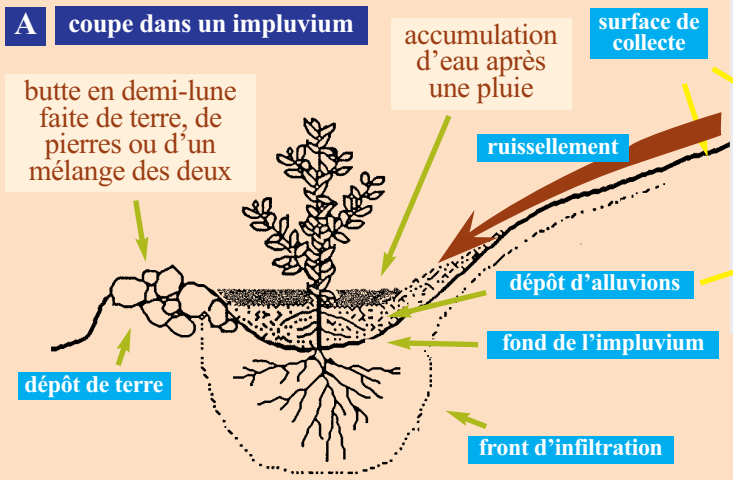
Les demi-lunes peuvent être réalisées avec des pierres, comme dans ce jardin brésilien (407). Chaque arbre fruitier est bénéficiaire d'une demi-lune lui assurant un maximum d'arrosage en cas de pluie.

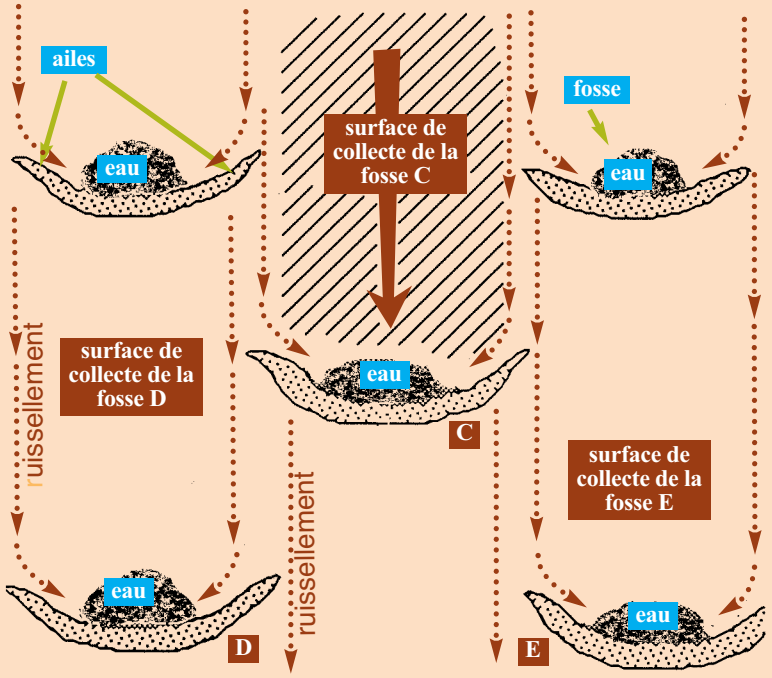
La photo 408 montre des demi-lunes établies sur une zone érodée du Niger. La terre prélevée dans la fosse est déposée de telle sorte qu'elle rassemble l'eau ruisselante au profit d'un arbre. Chaque fosse rassemble l'eau de la petite surface située en amont. Les fosses demi-lunes sont disposées en quinconce sur la superficie du champ, de façon à piéger un maximum d'eau.



Ce bassin versant montagnard est en cours d'aménagement complet. Toutes ses parties feront l'objet de travaux antiérosifs.

406 La technique des impluvium





Les surfaces de collectes sont disposées en quinconce de telle sorte que l'eau ne puisse jamais ruisseler sur de grandes longueurs sans être captée par les ailes des impluviums. Celles-ci sont profilées de façon à concentrer l'eau aux pieds des arbres.



Les fosses demi-lunes exigent un entretien régulier. Il est nécessaire de les curer afin qu'elles ne soient pas colmatées par des dépôts de terre.

La figure **406** montre comment disposer les impluvium sur une terre en pente, et la façon dont les eaux sont captées.

Pratiques agricoles

Les pratiques agricoles ont une grande influence sur les mouvements de l'eau. C'est le cas:

- ✓ du labour de mise en culture
- ✓ du semis en fosses ou en bassins
- ✓ du billonnage
- ✓ du sarclage
- ✓ du binage
- ✓ du paillage et du mulching
- ✓ du compostage

Le **labour** manuel ou mécanique ouvre le sol en y créant des mottes (**409** et **410**). L'eau s'infiltre facilement entre les mottes, alors qu'elle a tendance à ruisseler là où le sol a été battu.



Fosses demi-lunes établies en vue de reboiser

Le **billonnage** permet aussi de piéger l'eau de pluie. Il est bon de cloisonner les billons pour éviter les écoulements latéraux de l'eau piégée. L'étalement de pailles dans les sillons renforce l'efficacité du billonage (**411** et **412**).

La création de petites **fosses** ou de **bassins** dans lesquels on va semer permet de piéger l'eau. Le piège est d'autant plus efficace qu'on le remplit de pailles, de mulch ou de compost (**413**).

Le **sarclage** (**414**) et le **binage** (**415**) permettent de perméabiliser le sol. L'infiltration est alors facilitée et l'évaporation est diminuée. Ces deux pratiques sont rendues plus efficaces lorsqu'elles sont associées au paillage ou au mulching.

Le **paillage** et le **mulching** remplissent trois rôles: ils évitent la battance, ils favorisent l'infiltration de l'eau dans le sol, ils limitent l'évaporation à la surface du sol. En outre, les pailles et les mulchs se décomposent petit à petit et nourrissent le sol.


409




411


412

Le labour mécanique ou manuel divise le sol superficiel en mottes, ce qui le rend poreux, peméable à l'eau et à l'air. Le labour en billons piège l'eau dans les sillons.

L'enrichissement du sol par du **compost** est bon pour la structure du sol et sa perméabilité. On voit sur la photo **416** un sol rendu imperméable par la battance des pluies. Il contient peu de déchets végétaux. L'eau ruisselle à sa surface. Sur la photo **417**, nous voyons que le sol est bien structuré par un important apport de compost. L'eau s'y infiltre aisément.

En matière de pratiques agricoles, il est toujours bon d'**être très inventif pour**:

- ✓ **éviter la battance** de la pluie sur le sol,
- ✓ **piéger l'eau**,
- ✓ **rendre le sol perméable**,
- ✓ **interrompre la remontée capillaire** à proximité immédiate de la surface du sol.

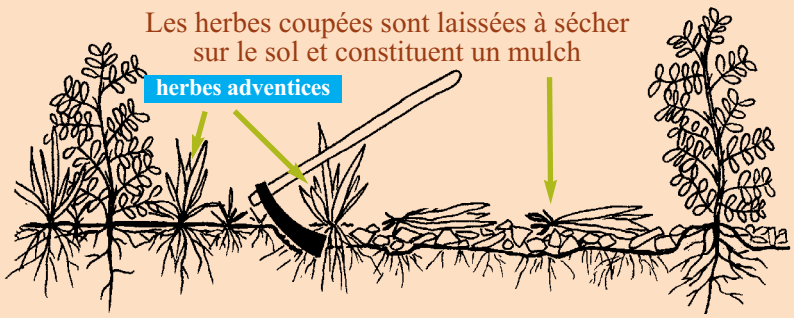

413

Labour en bassins

414 Le sarclage

Le sarclage combat les herbes adventices. Il transforme la structure du sol. Cette transformation favorise l'infiltration de l'eau de pluie. Elle limite la remontée capillaire et l'évaporation.

Le sarclage bien fait joue aussi le rôle d'un binage.

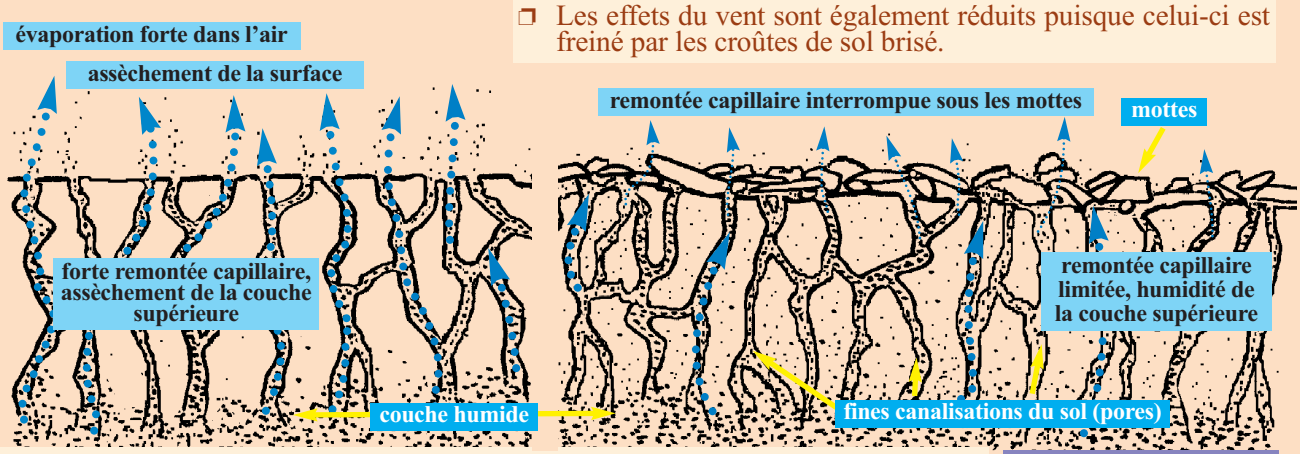


415 *Le binage diminue l'évaporation au sol*

- L'eau monte par capillarité vers la surface du sol.
- L'eau échauffée en surface s'évapore.
- La vapeur formée est immédiatement remplacée par de nouvelles quantités d'eau aspirées par capillarité dans la réserve d'eau du sol.
- Plus chaude est la couche superficielle du sol, plus forte est l'évaporation.
- La remontée capillaire est interrompue lorsque la petite colonne d'eau atteint une certaine longueur.



- Le binage brise la couche superficielle du sol. La continuité des pores est brisée.
- Les rayons solaires n'atteignent plus directement le sommet des pores. L'évaporation est moindre que sur le sol non biné.
- Les effets du vent sont également réduits puisque celui-ci est freiné par les croûtes de sol brisé.



- Lorsque l'eau du sol remontant par capillarité est salée, les sels sont déposés en surface au moment où elle s'évapore. Ils peuvent éventuellement former une croûte.

"Un binage vaut deux arrosages" (proverbe)

Limiter l'évaporation

Lorsque l'eau d'une terre s'évapore à la surface du sol, c'est en général une perte de ressources pour l'agriculteur. Il faut donc tenter de **limiter l'évaporation au niveau du sol** et **favoriser l'évapo-transpiration à travers les plantes.**

Des principes sont à la base de la lutte contre l'évaporation directe au niveau du sol:

- **réduire l'échauffement** du sol par les rayons solaires. Plus le sol est chaud, plus l'eau qu'il contient s'évapore dans l'air ambiant;
- **limiter les mouvements d'air à proximité** immédiate de la surface **du sol**;
- **briser la couche superficielle du sol**;
- favoriser une **bonne structure du sol**.





Pour appliquer ces principes, plusieurs pratiques, dont nous avons déjà parlé, sont possibles.

Le **sarclage** et le **binage** rompent la couche superficielle du sol. Leurs effets sur l'évaporation de l'eau du sol sont décrits aux tableaux **414** et **415**.

Le **paillage** et le **mulching** sont efficaces pour limiter l'évaporation en surface du sol puisqu'ils réalisent les quatre points relevés ci-dessus.

La photo **418** suggère une expérience simple. Des thermomètres sont placés à 5 à 10 centimètres de profondeur dans le sol nu exposé au rayonnement solaire d'une part, et dans un sol couvert de paille, d'autre part. On constate que la terre est toujours plus fraîche et garde mieux son humidité sous la paille que dans le sol soumis directement aux rayons solaires. Cela se perçoit d'ailleurs au simple toucher. On peut suivre l'évolution de la température au cours de journées pluvieuses et de journées sans pluies.



Quelques heures après la pluie, la température sous la paille est inférieure à celle qu'on relève là où le sol est nu.

Le paillage est une pratique indispensable dans les jardins maraîchers (**419**). Sous la paille, l'humidité des pluies ou des arrosages se maintient plus longtemps que sur les planches non couvertes. Les graines trouvent de meilleures conditions de germination. On évite le gaspillage d'eau d'arrosage ainsi que le dépôt de sels en surface, lorsque l'eau est un peu saline. Après la germination, le paillage doit être allégé pour permettre la croissance des jeunes plants.

Un paillage localisé autour d'une plante ou d'un arbre est lui aussi efficace. Il maintient l'humidité du sol à proximité des racines, et il empêche l'eau qui s'évapore de déposer du sel à la surface du sol (**423**).

Dans les grands champs et les plantations, le paillage est plus difficile à mettre en œuvre. Les quantités de pailles disponibles sont souvent insuffisantes pour réaliser une couverture assez complète du sol.

On peut utiliser des pailles ou des mulchs récoltés en dehors des parcelles à protéger, comme par exemple dans cette plantation de caféiers dont le sol est recouvert de pailles provenant des champs céréaliers voisins (**420**). La question est de savoir ici si l'exportation des pailles de céréales au bénéfice des caféiers n'est pas défavorable à la fertilité des sols dans les parcelles céréalières. Un semis de plantes de couverture serait sans doute tout aussi efficace, sinon plus.

Les effets du paillage ou du mulch peuvent aussi être obtenus avec des matériaux artificiels: sacs en fibres végétales ou artificielles, bâches en plastique finement perforées pour laisser passer l'eau, cailloux, etc. Ces matériaux n'agissent cependant pas de la même façon que les pailles végétales qui, en outre, favorisent la vie du sol.

Voici trois arbrisseaux bénéficiant soit d'un paillage localisé (**423**), soit d'une protection végétale (pueraria) (**424**), soit des deux types de protection simultanément (paillage et cornichons) (**425**).



Sous la paille, les conditions d'humidité sont favorables à la germination des graines.



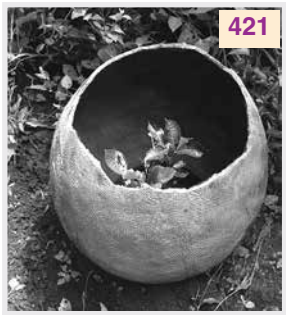
Paillage d'une plantation de café au Rwanda, vu au niveau du sol

Couverture végétale et arborée

Des couvertures végétales, arborées ou herbacées, sont très utiles pour **limiter les pertes d'eau par évaporation directe au niveau du sol**, même si ces couvertures consomment de l'eau pour leurs besoins propres:

- elles **limitent l'échauffement du sol** par insolation directe. L'eau contenue dans le sol, moins chaude, s'évapore moins vite;
- elles **limitent les quantités d'air chaud** circulant au niveau des pores du sol, lorsqu'il y a du vent;
- l'**eau transpirée à travers les plantes est utile** à la fabrication de biomasse fertilitaire ou de consommation, contrairement à l'eau évaporée directement au niveau du sol;
- de par leur transpiration, les plantes **rafraîchissent le milieu** à leur proximité immédiate;
- les pantes et les arbres produisent naturellement du **mulch** qui, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, limite les mouvements d'air à proximité immédiate des pores du sol.

Ces faits sont observables sous les arbres situés en plein champs. Par exemple, sous les nérés de la photo **422**, on voit que le mil a mieux grandi qu'en dehors de leur zone d'influence. Sur la photo **198** (chapitre 13), on voit que les cotonniers en fructification, à la fin de la saison pluvieuse, sont encore verts sous les karités, alors qu'ils sont complètement secs aux alentours.



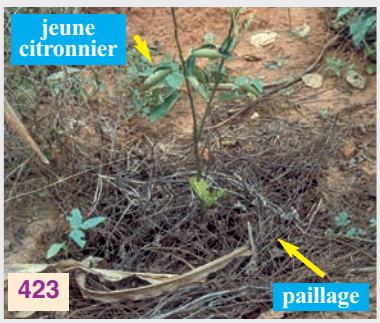
Protection en terre cuite contre le vent

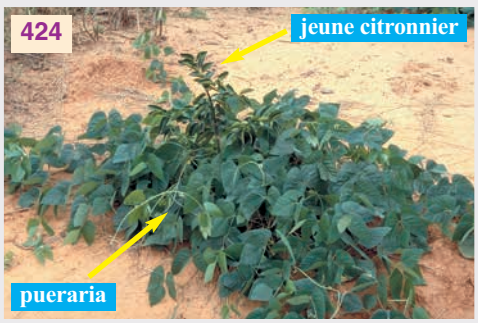
Notons qu'un équilibre doit être trouvé. Préserver l'humidité du sol n'est pas la seule condition pour un bon développement des cultures. Il y a aussi les besoins en lumière, la concurrence pour la nourriture entre les plantes herbacées et les arbres, etc.

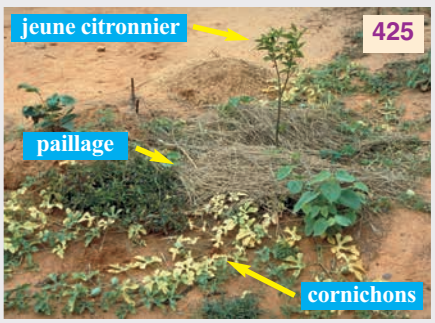
La présence de certaines espèces dans les grands champs n'est pas recommandable, malgré le fait qu'ils limitent l'évaporation. C'est le cas du manguier, de l'anacardier, de l'eucalyptus. Le premier assombrit trop l'espace où il se trouve, ce qui ne laisse pas assez de lumière pour des plantes sous-jacentes. Les besoins en eau des seconds sont très importants. Ils assèchent la terre dans leurs espaces racinaires superficiels.

Des chercheurs ont constaté que l'arachide se portait parfois mieux dans le champ arboré. La germination était meilleure, les rendements étaient supérieurs, les gousses étaient extraites du sol plus facilement que dans les terres plus exposées à l'insolation (*).









Trois types de couverture du sol au bénéfice de jeunes pieds d'agrumes

Quelles sont les pratiques observées sur notre terroir pour contrôler les mouvements de l'eau? Quelles sont les techniques qui contrôlent le ruissellement des eaux de surface, l'infiltration de l'eau dans le sol, l'évaporation? Quel est le rôle de la végétation, et en particulier des arbres, pour une bonne conservation des eaux et des sols?

(*) voir *"Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique"*



Chapitre 20
Irriguer et drainer les cultures

Nous avons parlé des mouvements de l'eau dans le milieu naturel et les terres cultivées, ainsi que de quelques pratiques visant à contrôler ces mouvements. Dans le présent chapitre, nous allons parler de l'irrigation et du drainage qui visent à satisfaire aux besoins en eau des plantes cultivées.

- l'**ARROSAGE** et l'**IRRIGATION** des cultures visent à donner de l'eau aux cultures, lorsque la pluviométrie est insuffisante ou lorsque l'apport d'eau complémentaire à celui des pluies peut améliorer le développement des plantes et leur rendement;
- le **DRAINAGE** vise à retirer du sol arable une partie de l'eau excédentaire qui asphyxierait ou empoisonnerait les racines.

Nous n'allons pas nous étendre sur ces sujets qui sont traités dans le livre *"Les chemins de l'eau, ruissellement, irrigation, drainage"*. Nous allons simplement présenter succintement les principales techniques qui peuvent être mises en œuvre dans les exploitations familiales sans faire appel à des moyens trop importants. Les images présentées et les commentaires qui en sont faits ne reflètent qu'un faible aperçu des multiples systèmes et techniques d'irrigation et de drainage rencontrés en Afrique et sur les autres continents.

Irriguer

Méthodes d'arrosage et d'irrigation

Les différents **systèmes d'irrigation ou d'arrosage** sont les suivants.

- L'**arrosage en planches** consiste à arroser les cultures semées en planches bien délimitées, au moyen d'arrosoirs (**426**).
- Les techniques d'**irrigation par ruissellement** imitent le ruissellement naturel de l'eau dans les ruisseaux, les rigoles et les sillons. Des canaux sont aménagés pour prélever l'eau près d'une source, d'un lac ou d'une rivière, et pour la conduire vers les parcelles cultivées. L'eau est guidée dans ou entre les planches de culture. Le travail de l'irrigant consiste à canaliser l'eau pour l'amener là où il veut, au moment où les plantes ont besoin d'être abreuvées (**431**).
- L'**irrigation par submersion** ou **inondation** consiste à recouvrir une terre d'une couche d'eau qui se maintient un certain temps sur place, avant de s'infiltrer lentement dans le sol ou de s'évaporer dans l'air (**436**).
- L'**irrigation par aspersion** imite la pluie. L'eau est soit versée en gouttes au moyen de pommes d'arrosage, soit projetée en l'air par un matériel adapté, avant de retomber sur les plantes et le sol (**442**).
- L'irrigation se fait aussi au **goutte à goutte**, lorsque l'eau est distribuée directement à proximité des racines des plants cultivés (**449**). On utilise des tuyaux spéciaux qui ne laissent passer que de très petites quantités d'eau à la fois.
- L'irrigation peut être **souterraine**. L'eau est apportée aux plantes à quelques centimètres de profondeur, à proximité immédiate de leurs racines. On la pratique par exemple au moyen de canaris en terre cuite poreuse enfoncés dans le sol. Les racines viennent s'abreuver à la surface des canaris. On la fait aussi avec des récipients ou des bouteilles enfoncées en terre (**450**).

Si on se place sous l'**angle économique**, toutes ces méthodes ne sont pas équivalentes. Certaines sont très économes en eau, d'autres sont assez gaspilleuses. L'énergie utilisée pour prélever l'eau et la distribuer est aussi différente, selon les cas. Cela va du simple prélèvement manuel dans une rivière ou un puits, au pompage motorisé conduisant l'eau dans des tours d'eau et la distribuant dans des canalisations plus ou moins longues.

Dans les zones où la pluviométrie est insuffisante ou irrégulière, l'irrigation et les arrosages d'appoint pourraient être beaucoup plus largement valorisés dans les exploitations agricoles qu'elles ne le sont généralement. Nous verrons plus loin, au chapitre 30, que les cycles végétatifs des plantes comportent des **phases cruciales** au cours desquelles elles doivent absolument être correctement abreuvées, sous peine de rater le développement de leur croissance ou de leur fructification. Des apports d'eau en **appoint**, durant des périodes limitées, permettent parfois de sauver des récoltes. En Afrique de l'Ouest, par exemple, il n'est pas rare de voir des champs céréaliers (mil ou sorgho) stoppés dans leur phase de montaison et de croissance, parce que les pluies font défaut durant deux ou trois semaines. On constate pourtant parfois que, tout à côté de ces champs, des ressources en eau sont disponibles dans les mares et les rivières. Un ou deux arrosages limités dans les poquets permettraient souvent aux plants de passer sans dépérissement la période insuffisamment arrosée par les pluies. Cela suppose que l'idée d'arroser les cultures céréalières traditionnelles pénètre dans les mentalités.

Choix de la méthode

Le **choix d'une méthode d'irrigation** dépend de différents facteurs:

- ✓ des **buts** poursuivis par le cultivateur. S'agit-il simplement de compléter les rations d'eau de ses plantes cultivées, au moment où les pluies sont insuffisantes, ou de pratiquer un système de culture intensif dans lequel l'eau est fournie en permanence, durant toutes les saisons de l'année? Dans le premier cas, il s'agit **d'irrigation d'appoint**, dans le second, d'**irrigation intensive**. Entre les deux, toutes les possibilités existent;
- ✓ des **caractéristiques du site** de culture: est-il en pente, plane, sableux, argileux, perméable, imperméable, etc.?;
- ✓ des **ressources en eau** disponibles à proximité des parcelles irriguées, en surface ou en sous-sol;
- ✓ de l'**énergie disponible** pour prélever et distribuer l'eau. Elle peut être manuelle, animale ou mécanique;
- ✓ des **moyens disponibles**, en particulier la main-d'œuvre et les finances;
- ✓ des **besoins des plantes** cultivées.

Les tableaux qui suivent (**426** à **450**) illustrent les différentes méthodes relevées ci-dessus.

Avantages et dangers

S'ils sont pratiqués au bon moment et de façon adaptée, les arrosages et l'irrigation comportent beaucoup d'**avantages**:

- ▲ ils permettent de cultiver des terres **en dehors des saisons pluvieuses**. On cultive alors en **contre-saison**, ce qui prolonge les périodes d'activités agricoles au cours de l'année;
- ▲ ils permettent de **réduire les risques** liés à l'irrégularité des pluies. On distribue de l'eau au moment précis où les plantes risquent d'être en manque. C'est l'arrosage d'appoint. S'il est bien fait, il évite les gaspillages qui seraient liés à l'irrigation permanente;
- ▲ ils permettent de **cultiver des variétés agricoles très exigeantes** qui ne peuvent exprimer leur productivité que si elles ont les pieds inondés - les variétés de riz aquatiques et inondables, en particulier.

L'irrigation comporte des **dangers** agricoles non négligeables:

- ▼ lorsqu'elles sont arrosées par aspersion au moyen d'eau contenant un peu de sel, les plantes peuvent être **brûlées**;
- ▼ si elles sont arrosées aux heures de pleine insolation, les plantes souffrent de **dérèglement des échanges hydriques** entre l'intérieur de leurs tissus et l'air extérieur; les feuillages peuvent dépérir;
- ▼ l'eau d'irrigation s'infiltre dans le sol. Mais si elle est distribuée avec excès, il est possible qu'elle **lessive** la couche arable et qu'elle entraîne des minéraux nutritifs naturels ou apportés sous forme d'engrais;
- ▼ dans les systèmes d'irrigation en inondation, l'eau s'évapore sous l'effet du soleil et du vent. Il est possible que l'eau évaporée laisse à la surface du sol les sels minéraux qu'elle contient en dissolution. La couche superficielle du sol peut donc se **saliniser**, ce qui n'est pas favorable aux plantes cultivées.

Il est toujours utile et nécessaire d'analyser les systèmes d'irrigation, existants ou à mettre en place, en fonction des avantages et des dangers. L'aide de techniciens chevronnés est toujours utile, mais si ce n'est pas possible, rien n'empêche de tenter des expériences au sein des exploitations familiales.

426 Arrosage en planches


427

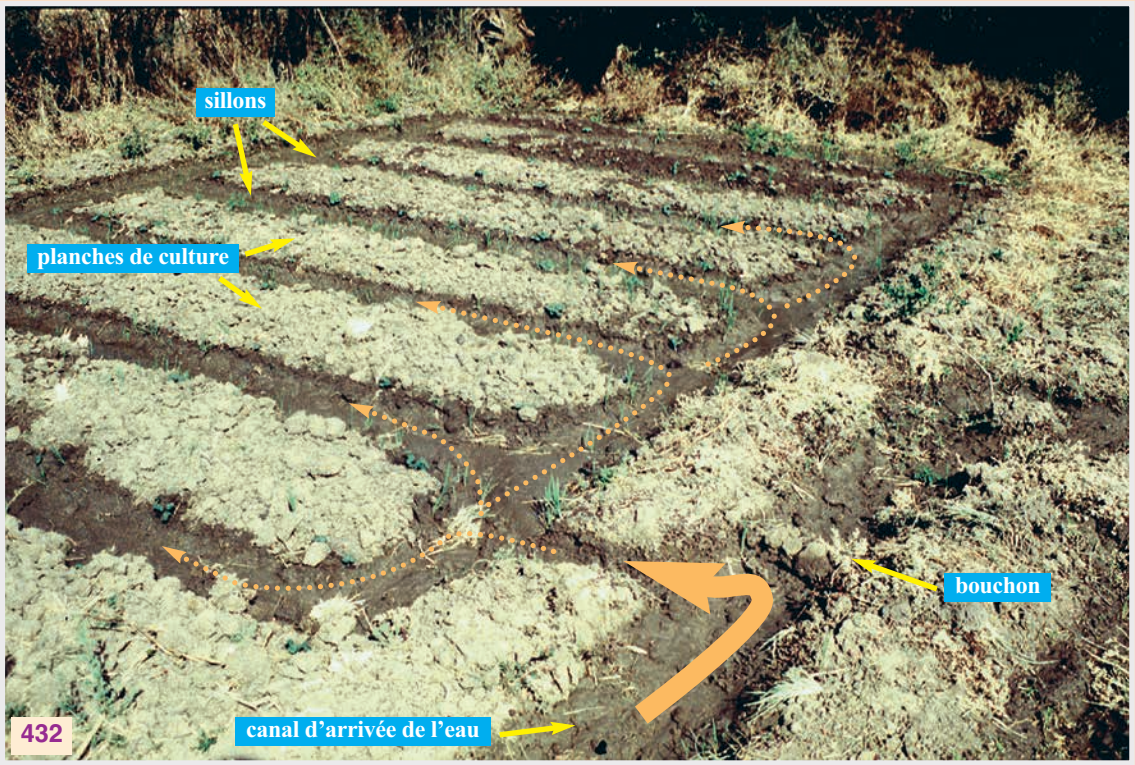

428

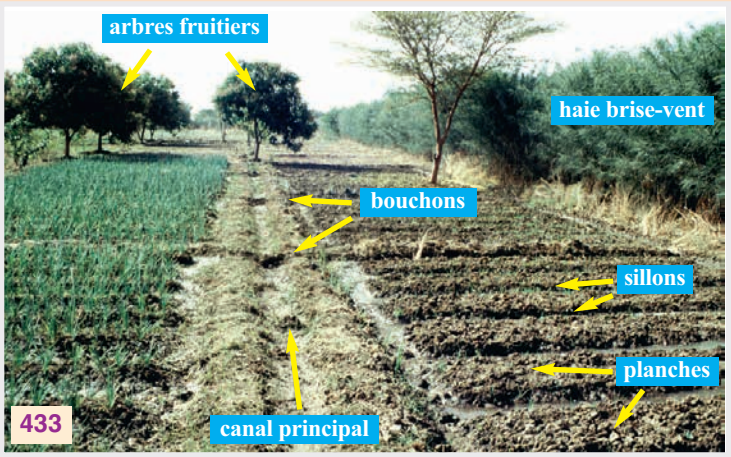

429

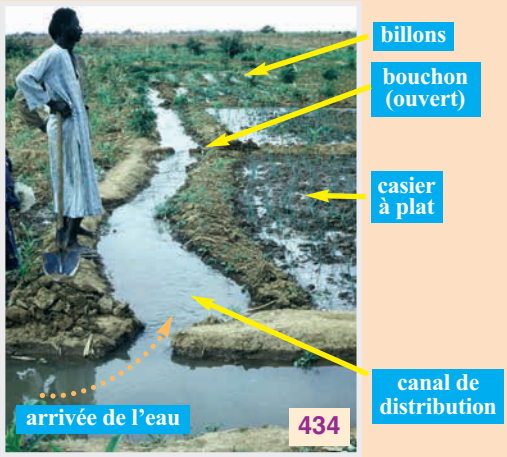

430

Les planches de culture sont délimitées de façon à ce que l'eau qui y est versée ne déborde pas. Elles sont planes pour que l'eau se répartisse de façon égale sur toute leur surface. Dans les jardins, afin de faciliter le travail d'arrosage, on dimensionne les planches de sorte que chacune reçoive une quantité égale d'eau lors des arrosages. Cette quantité est adaptée en fonction du développement des plantes et de leurs besoins au cours des différentes phases de leur cycle de vie.

431 *Irrigation par ruissellement*

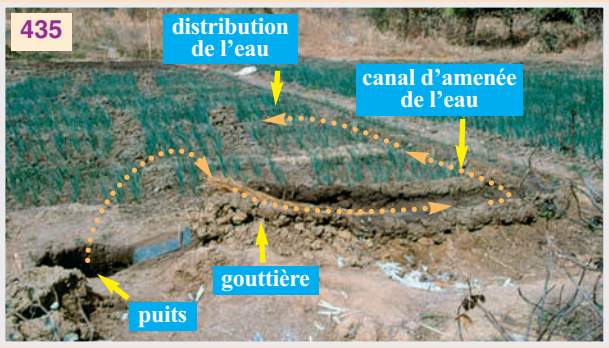






L'eau s'écoule naturellement dans des canaux établis en pente douce, vers les sillons ou les planches de culture. Les parcelles sont organisées de façon à ce que l'eau soit distribuée dans les sillons aux pieds des billons ou des planches de culture. Elle y monte par capillarité.

Les canaux d'amenée d'eau trouvent leur origine à proximité de cours d'eau, de mares, de puits ou de forages.



436 Irrigation par inondation

437



438



439



440



441



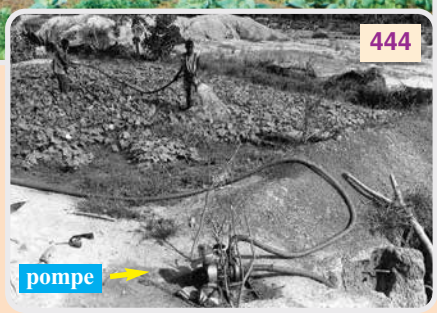
Les terres, le plus souvent argileuses, sont aménagées en casiers planes. Elles sont inondées durant des périodes plus ou moins longues. L'eau prélevée dans des rivières ou des lacs est amenée par ruissellement dans des canaux. Elle est canalisée dans les casiers par des vannes ou des bouchons de terre.

Ce mode d'irrigation est grand consommateur d'eau, vu la forte évaporation de surface. Il existe un risque de salinisation des sols. Un canal de drainage est toujours nécessaire en contrebas pour permettre à l'eau de percoler lentement à travers le sol, d'entraîner les minéraux ou les intrants chimiques excédentaires et de diminuer les risques de salinisation à la surface du sol.

Des approches complémentaires peuvent être trouvées dans le livre
"Les chemins de l'eau, ruissellement, irrigation, drainage"

442 Arrosage et irrigation par aspersion


443









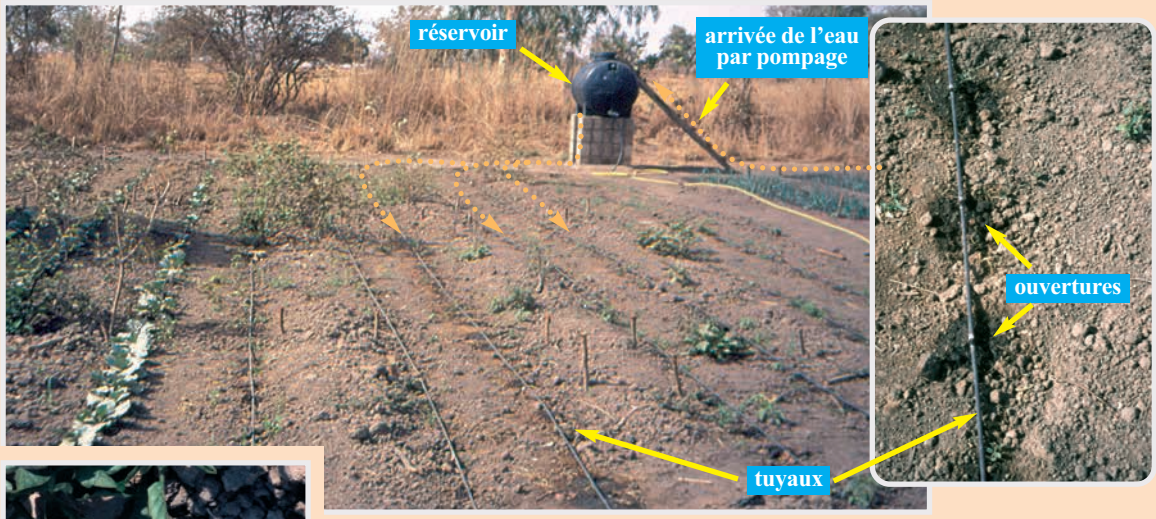
L'eau est mise sous pression dans des tours d'eau ou à partir de pompes. Des tuyaux la conduisent jusqu'à des pommes d'arrosage ou des asperseurs plus ou moins sophistiqués. Elle est projetée en l'air et retombe sur les cultures sous forme de pluie. Il n'est pas facile de répartir l'eau équitablement sur l'ensemble de la superficie.

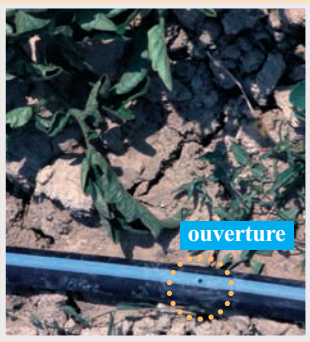
L'irrigation par aspersion est relativement gaspilleuse car les gouttelettes s'évaporent et sont emportées par le vent hors des parcelles à arroser.

L'irrigation par aspersion demande des investissements assez importants.



449 Irrigation au goutte à goutte



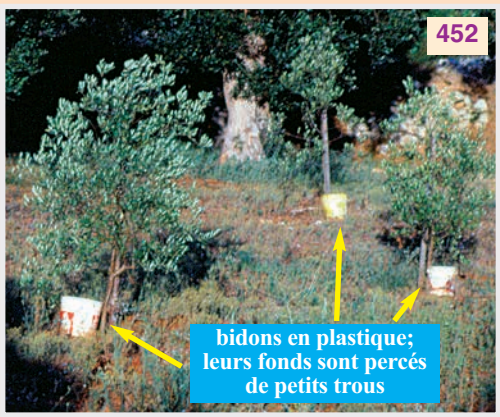


Des tuyaux sont posés sur le sol le long des lignes de culture. Des petites ouvertures existent à intervalles réguliers pour laisser passer des petits filets d'eau. L'eau s'écoule à partir d'un réservoir placé en hauteur, approvisionné manuellement ou au moyen d'une pompe.

Le système est très économe en eau puisqu'il la distribue à proximité immédiate des racines, exactement au moment où les plantes en ont besoin, en ouvrant ou en fermant les canalisations.

450 Irrigation souterraine







Des réservoirs d'eau poreux sont placés en terre à proximité immédiate des plantes à abreuver. Ils sont régulièrement pourvus en eau. Les racines vont s'approvisionner en bordure ou sous ces réservoirs.

Ce système d'arrosage est très économe en eau.

Drainer

Drainer une terre de bas-fond ne va pas sans risques. Il y a lieu en effet de trouver un juste niveau de la nappe d'eau, de telle sorte que la couche de terre racinée par les plantes cultivées soit dégorgée de l'eau qu'elle contient, et aérée.

Si le niveau de la nappe d'eau est trop abaissé, la terre peut s'assécher, s'effondrer et voir sa structure détruite.

Les techniques de drainage sont décrites dans le livre *"Les chemins de l'eau, ruissellement, irrigation, drainage"*.

453 Drainage

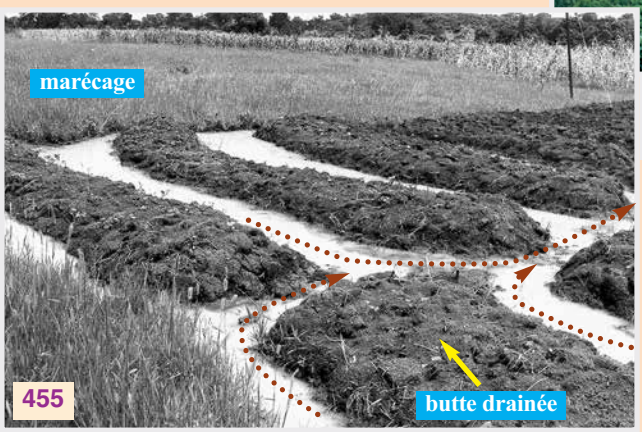
Le drainage consiste soit à créer des canaux vers lesquels l'eau du sol environnant va migrer, soit à surélever la terre en buttes ou en planches de façon à l'assécher.

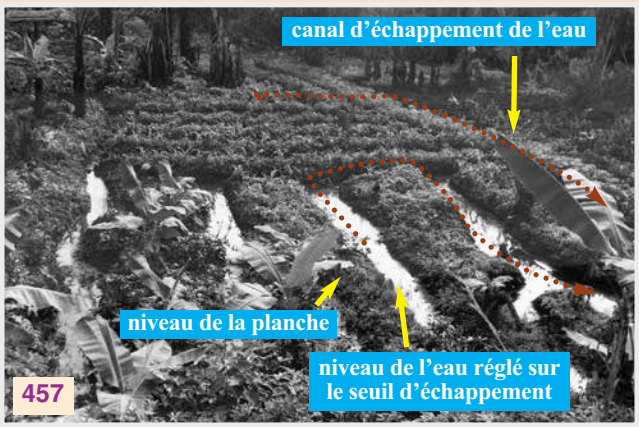
Le drainage est souvent associé à l'irrigation.

Le but du drainage est de réduire l'eau libre se trouvant dans la couche occupée par les racines des plantes cultivées.



Ci-contre: la terre reprise dans les canaux de drainage est reportée sur les planches de culture.

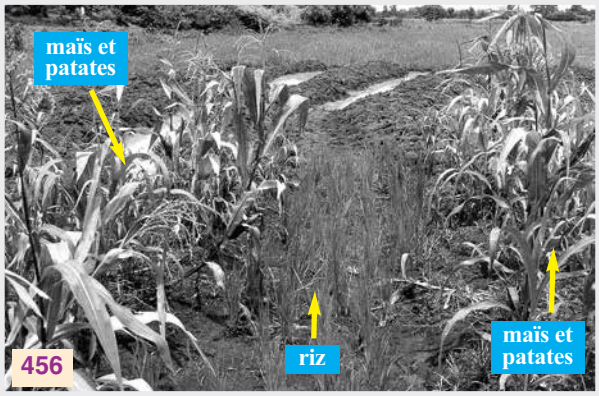




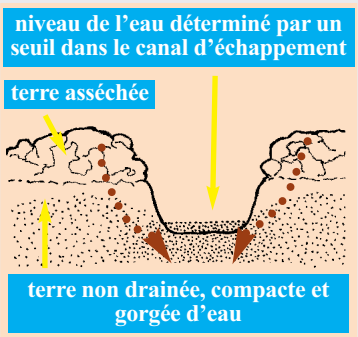
Le niveau du plan d'eau est déterminé par un seuil barrant le canal d'échappement de l'eau drainée.

Le sommet des planches est humidifié soit par les pluies, soit par la remontée capillaire de l'eau à partir de la nappe.

Ci-dessous, quelques semaines plus tard: culture de maïs et de patates douces sur les buttes, culture de riz dans les canaux de drainage.



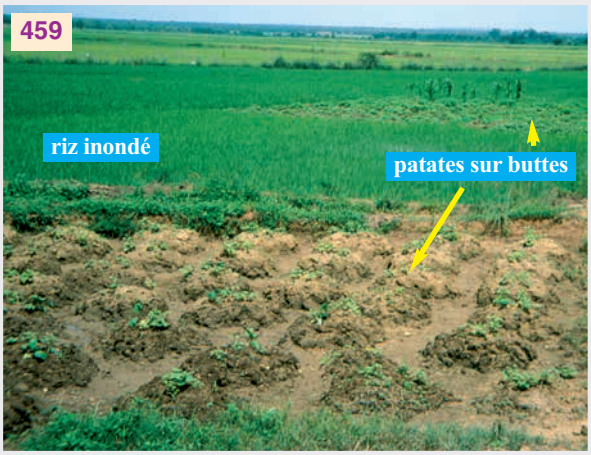
C'est la différence de hauteur entre le plan d'eau et le sommet des planches ou des buttes qui détermine l'humidité du sol occupé par les racines.



458 Combiner irrigation et drainage

Dans les terres périodiquement inondables, ou dans les plaines aménagées, des pratiques agricoles permettent de drainer le sol enraciné par les plantes cultivées, tout en le gardant humide.

459



Cette plaine est principalement consacrée à la culture du riz. Mais certaines parcelles sont occupées par la patate douce grâce à la confection de buttes dont le sommet est drainé. Les tubercules de patates s'établissent dans la partie plus sèche des buttes, alors qu'une partie des racines s'abreuve dans le fond, plus humide.



460

461



Dans les bolans proches des estuaires côtiers - en Guinée Bissao par exemple - l'eau saline inonde la plaine en saison sèche et se répand dans les sillons. En saison pluvieuse, l'eau non salée des pluies traverse les billons allongés et entraîne les sels vers les sillons et les canaux d'échappement. Des phases d'irrigation et de drainage se succèdent dans le temps, en fonction des événements climatiques.

462



Les tubercules de l'igname n'apprécient pas la présence d'eau libre dans le sol où ils se développent. La technique du buttage permet de cultiver l'igname dans des plaines régulièrement inondées lors de crues des rivières voisines. Ici, outre l'igname, l'arachide a été semée avec succès sur les buttes. Celles-ci restent humides grâce à la remontée capillaire de l'eau se trouvant dans le fond.

Diversité des pratiques d'irrigation et de drainage

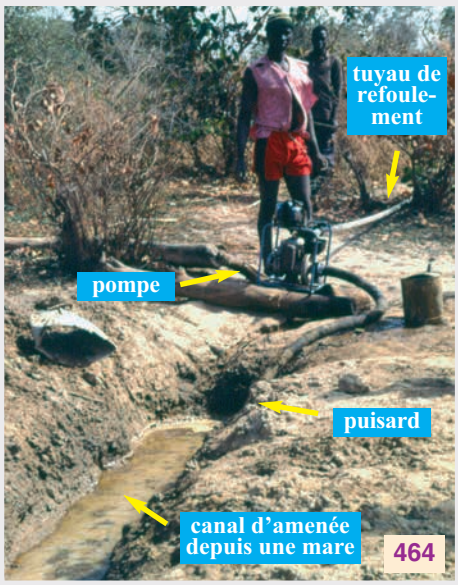
Nous avons rencontré quelques-unes des pratiques les plus courantes d'arrosage, d'irrigation et de drainage. Il en existe bien d'autres, des plus simples aux plus sophistiquées. Elles sont toutes en relation étroite:

- ❒ avec les **lois physiques** qui régissent la circulation de l'eau sur et dans le sol. Naturellement, **l'eau suit toujours le chemin que lui indique la plus forte pente**;
- ❒ avec le **relief** des terres;
- ❒ avec la **localisation** des ressources en eau à proximité des lieux de culture, en surface ou en sous-sol;
- ❒ avec les caractéristiques des **sols** et des **sous-sols**;
- ❒ avec les **moyens** disponibles pour l'exhaure et le pompage de l'eau, qu'ils soient manuels ou mécaniques.

Les techniques d'irrigation et de drainage s'appliquent sur les **terres pluviales**, dans les **bas-fonds** soumis aux crues et aux décrues périodiques, ou sur des **flancs collinaires**. Si les resources en eau sont disponibles, **on peut irriguer en toutes saisons**, en choisissant bien les variétés cultivées.

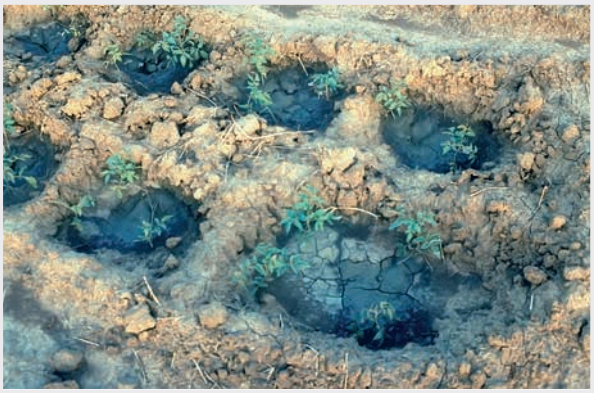
Au cours des dernières décennies, l'irrigation s'est développée principalement dans de vastes aménagements de terres inondables consacrées au riz, et autour des maraîchages de contre-saison. Mais il serait très intéressant d'**élargir les pratiques d'irrigation en toutes saisons et sur toutes les cultures**, même si celles-ci n'ont jamais été arrosées dans le passé.

La mise en œuvre d'aménagements d'irrigation ou de drainage permanents pose souvent des **problèmes fonciers** qu'il est nécessaire de résoudre en bonnne entente avec les différents acteurs du terrain: agriculteurs et éleveurs, propriétaires fonciers et usagers, services techniques, syndicats des utilisateurs d'eau, etc.



Mal gérées, les pompes sont souvent à l'origine de gaspillages d'eau. Des règles de gestion précises doivent être établies et leurs applications contrôlées.

463 Éviter le gaspillage de l'eau



Chaque poquet reçoit une quantité d'eau déterminée selon le développement racinaire des plantes.

Il n'est jamais intéressant de gaspiller les ressources en eau, même si elles paraissent être abondantes:

- ➪ comme l'eau des pluies, l'eau d'irrigation lessive le sol et entraîne les éléments fertilitaires en profondeur,
- ➪ l'exhaure de l'eau inutilement excédentaire coûte cher,
- ➪ si l'eau contient des sels minéraux, elle les dépose à même le sol, lorsqu'elle s'évapore en surface.

Mieux vaut étendre un peu les superficies arrosées, si c'est possible, que de donner trop d'eau aux plantes.

Dans la plupart des cas, le meilleur arrosage est celui qui humidifie abondamment un peu plus que le volume de sol occupé par les racines, à chaque étape de leur développement.

Quelles sont les ressources en eau disponibles sur le terroir, pour l'irrigation? Quelles sont les terres et les cultures irrigables? Quelles sont les terres sur lesquelles il y a des excédents d'eau? A quelles saisons serait-il utile d'irriguer ou de drainer? Selon quelles techniques? Sur quelles activités culturales pourrait-on étendre les techniques d'irrigation ou de drainage?



Chapitre 21
Les mouvements de l'air: le vent

Les vents

On ne voit pas les vents, mais on les perçoit. Ils sont chauds, froids, secs, humides, violents, doux. Ce sont des déplacement de masses d'air. Les mouvements de l'air sont l'un des facteurs participant aux climats et aux microclimats. Leurs effets sont ressentis tant aux niveaux de vastes territoires, que de zones restreintes ou de micro-parcelles.

On perçoit facilement les vents à proximité de la surface de la terre, mais il en existe aussi de très puissants et rapides dans les hauteurs de l'atmosphère. C'est eux qui font bouger les nuages dans le ciel, alors que, peut-être, nous ne percevons quasiment aucun mouvement d'air à la surface du terroir.

Si on pouvait voir les vents, on constaterait que leurs **mouvements à la surface de la terre sont en partie comparables à ceux de l'eau**, avec des écoulements calmes, des tourbillons et des turbulences, des chutes plus ou moins rapides sur les pentes, des accélérations dans les couloirs formés par des roches ou des montagnes (**465**). Comme l'eau, l'air qui se déplace en force à proximité de la surface du sol est plus ou moins chargé de sable, de poussière, d'humidité, parfois même de sel en bordure de la mer.

Il existe toutes sortes de vents, les uns violents et intenses, les autres faibles. Certains se manifestent sur de grandes distances, d'autres se limitent à de petites zones, comme les **BRISES** qu'on perçoit le long des lacs ou les **FOEHN** (prononcer *"feunes"*) qui se manifestent au sommet de certaines vallées ou montagnes.

Selon les circonstances, les grands vents **amènent l'humidité** et les pluies ou dessèchent la terre. Les **MOUSSONS** proviennent des mers et des océans. Elles amènent les pluies. L'**HARMATTAN**, lui, est un vent sec qui trouve ses origines dans les zones désertiques de la péninsule arabique et du Sahara. Il parcourt l'Afrique de l'Ouest durant plusieurs mois de l'année. Les **TORNADES** sont des vents violents qui, généralement, sont associés à de grandes pluies. Elles frappent des zones relativement limitées mais peuvent être très destructrices (**466**). Les **OURAGANS,** par contre, se déplacent sur de longues distances en dévastant les lieux qu'ils parcourent. Ils prennent leurs origines dans les zones océaniques.



465

Les mouvements et les remous des masses d'air invisibles à la surface de la terre peuvent être en partie comparés à ceux de l'eau.

On appelle **VENT de SABLE** un vent fort entraînant avec lui de grandes quantités de grains de sable, de limon, d'argile et de poussières. Les vents de sable se manifestent surtout dans les régions sahariennes et sahéliennes, peu pourvues de végétation.

Au ras de la terre, les effets des vents doivent être considérés sous deux aspects:

- ils **déplacent des matériaux** à la surface du sol et des roches,
- ils **emportent de la vapeur d'eau** prélevée directement à la surface du sol ou transpirée par les plantes.

Destruction d'une bananeraie par une tornade, au Cap Vert



466



En l'absence de végétation, les effets érosifs et desséchants des vents sont maxima (Niger).



Sous la grande forêt, les effets du vent sont inexistants au niveau du sol (Cameroun).

L'érosion éolienne

Lorsque le sol ou les roches sont frappés et modifiés par les vents, il y a **ÉROSION ÉOLIENNE**. Les particules fines ou légères sont arrachées au sol, transportées et déposées à des distances plus ou moins grandes de l'endroit où elles ont été arrachées. Des particules très fines (surtout des grains d'argile et des poussières) sont mises en suspension dans l'air. Elles sont parfois déplacées à plusieurs centaines ou même des milliers de kilomètres.

L'érosion éolienne prend toute son ampleur lorsque la surface du sol est nue, comme sur la photo **467**, alors qu'elle est inexistante sous le couvert végétal de la forêt dense, comme celle de la photo **468**.





Vent de sable se déplaçant à longue distance et tourbillon se déplaçant localement

Le vent emporte le sol

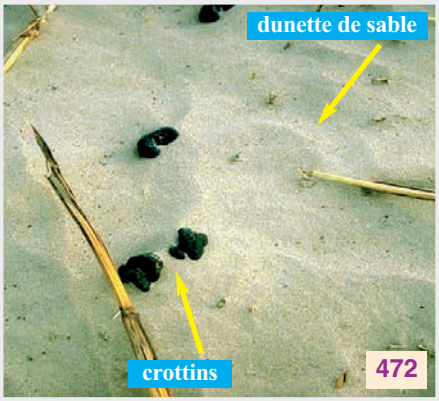
L'érosion éolienne est importante dans les régions sèches et arides. Elle se manifeste parfois sous forme de vents de sable (**469**). En période de grands vents, dans les régions de savane recouvertes d'herbes sèches, on voit s'élever des tourbillons de poussière et de feuilles sèches (**470**).

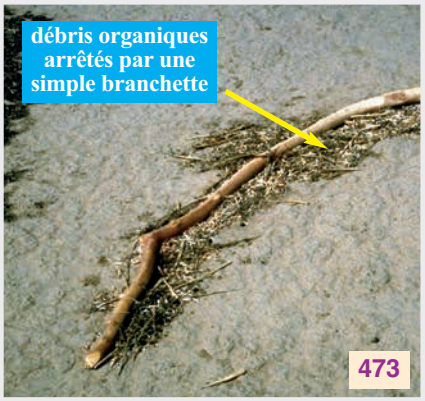
Il se peut que les déplacements de particules de sol soient plus subtils. Par exemple, après le passage du feu sur une terre, le vent emporte les cendres (**475**). L'érosion hydrique vient ensuite accentuer la perte d'éléments (**476**).

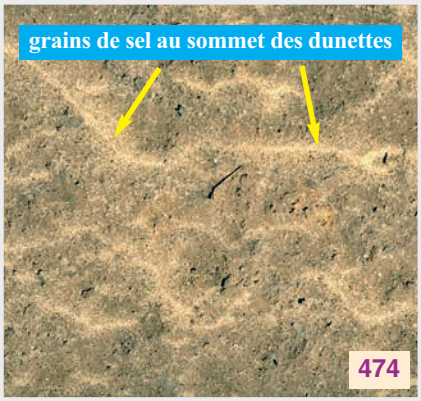
L'érosion éolienne est **dégradante** pour le terroir où elle se manifeste:

- les vents forts raclent le sol et en trient les éléments. Comme dans le cas de l'érosion hydrique, les cailloux et les grains les plus grossiers restent sur place, alors que les grains d'argile et de limon, les fines cendres, les déchets organiques, plus légers et plus fertiles que les éléments grossiers, sont **emportés**. L'érosion éolienne entraîne donc des pertes de fertilité;
- les éléments transportés sont **déposés ailleurs et accumulés** parfois de façon gênante. Ils s'entassent en forme de dunes (**478**), ou remplissent des bas-fonds (**477**).

471 Marques et effets de l'érosion éolienne



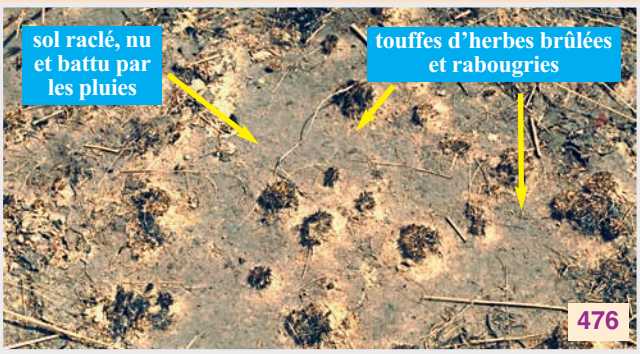




Signes d'érosion éolienne

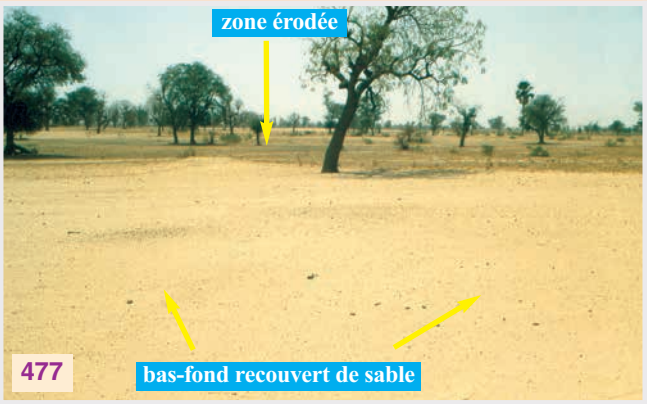
Ces dunettes sont l'indice incontestable de l'existence d'une érosion éolienne, de même que cette accumulation de feuilles sèches. Des grains de sel formés suite à l'évaporation de l'eau salée dans un bas-fond, poussés par le vent, se sont accumulés au sommet des dunettes.

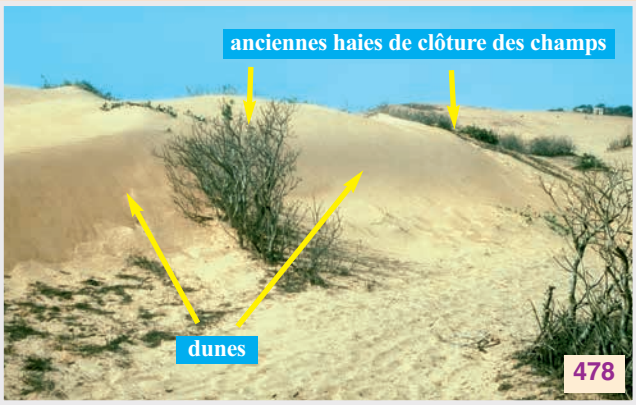




Perte de fertilité

Les cendres sont légères. Elles sont aisément emportées par le vent sur de longues distances. C'est une perte de fertilité pour le sol. Lorsque la terre est balayée par le vent et la pluie, il ne reste plus que quelques touffes d'herbes rabougries.





Perte de surfaces cultivables

A gauche, le sable amené par le vent est en train de recouvrir le sol argileux et fertile du bas-fond. A droite, des dunes ont entièrement recouvert les terres. Elles sont définitivement perdues pour l'agriculture et l'élevage.

Dans les régions sèches, le vent est à l'origine de la formation des **dunes** qui sont des zones d'accumulation de sable grossier généralement stérile. On en voit sur la photo **478**. Les haies vives qui clôturaient les champs anciennement sont encore visibles, mais auront bientôt disparu sous les dunes. La terre cultivable est perdue.

L'érosion éolienne marque ses effets progressivement, parfois sans que les habitants n'y attachent d'attention. Certains signes, cependant, ne trompent pas. On voit par exemple des dunettes formées sur un champ durant la période d'harmattan (**472**). Ailleurs, des feuilles mortes poussées par des vents s'accumulent devant de très petits obstacles (**473**).



Ciel chargé d'argiles fines suspendues dans l'air

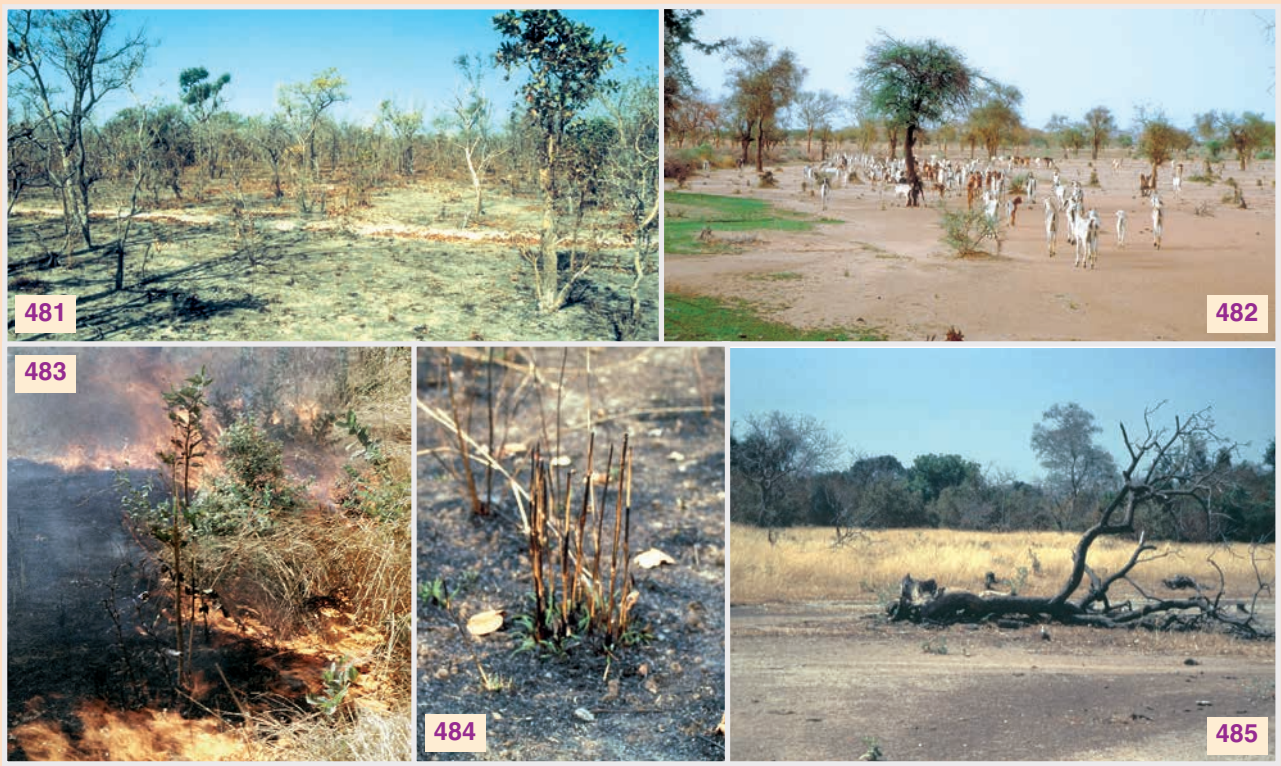
Parfois, le vent emporte des grains de sel qui peuvent empoisonner les sols où ils sont déposés (**474**).

Le ciel coloré de jaune ou d'ocre manifeste parfois la présence de très fines argiles en suspension dans l'air (**479**).

Les causes de l'érosion éolienne

Le vent est l'agent causal de l'érosion éolienne. Mais l'homme lui ouvre souvent les portes de ses terres. Tout ce qui dénude celles-ci est en effet favorable à l'installation de l'érosion éolienne: le feu, les déboisements intempestifs, le surpâturage, les systèmes culturaux qui détruisent les couverts arborés ou herbacés (tableau **480**).

480 Ce qui ouvre les terroirs favorise l'érosion éolienne



La déforestation, les défrichements culturaux intempestifs, le surpâturage, les feux de brousses, sont autant de facteurs qui ouvrent l'espace à l'érosion éolienne.

Comment se passe l'érosion éolienne?

L'importance des transports de sol par érosion éolienne dépend d'une part de la **force** du vent et de sa **hauteur**, d'autre part des caractéristiques des sols ou des roches qu'ils frappent.

Si on y regarde de près, on constate que les vents exercent **trois types de forces** sur les matériaux peu fixés du sol:

- une force fait **rouler** les grains de sable ou les très petits graviers,
- une force **pousse** en avant les grains de sable ou les débris relativement légers,
- une force **soulève** des grains et des débris. La dimension et le poids des grains soulevés dépend de la force du vent.

Lorsque ces forces s'exercent ensemble à la surface du sol, on distingue **trois mouvements**:

- il y a la **reptation**. On dirait que des grains de sable rampent sur la surface du sol, pratiquement sans être aspirés vers le haut par l'air en mouvement. La reptation à la surface du sol est le résultat de la force de poussée du vent. Elle est lente ou rapide selon la vitesse de celui-ci;
- il y a **aspiration** de matériaux légers vers le haut. On voit un exemple manifeste de ce mouvement d'aspiration à la photo **470**. Les feuilles sèches s'envolent et retombent un peu plus loin. Mais les grains d'argile très fins restent suspendus dans l'air et ne retombent que lentement, parfois à grande distance si l'air se déplace. Cela explique la couleur jaune du ciel de la photo **479**. Les cendres fines, elles aussi, peuvent être emportées par aspiration dans l'air;
- il y a aussi la **saltation**. Des grains de sable, parfois des cristaux de sels, sont soulevés à quelques centimètres de la surface, et y retombent quelques mètres plus loin. On dirait que ces grains font des sauts en longueur.



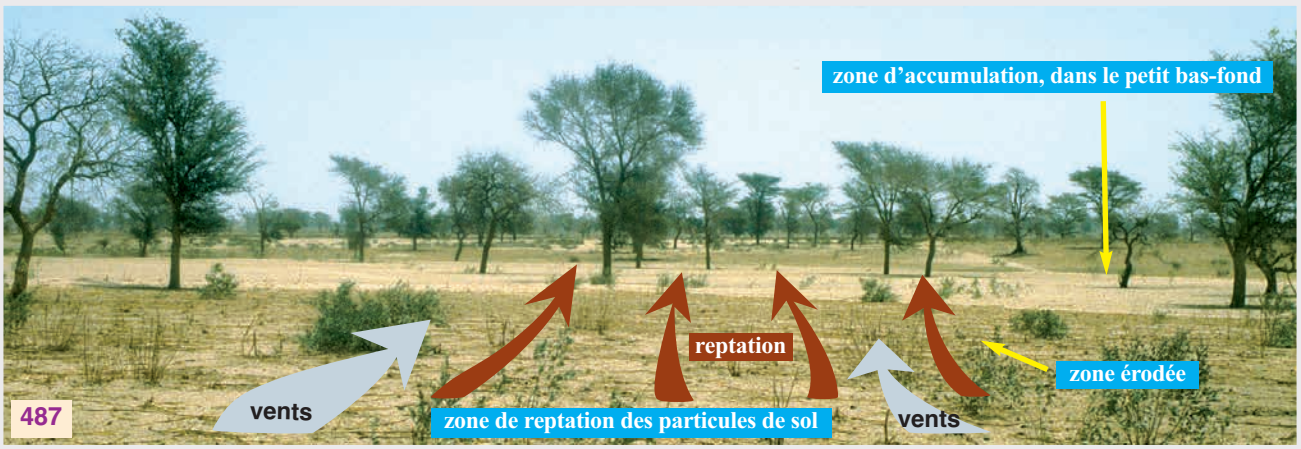
Rochers façonnés par l'érosion éolienne en pays dogon (Mali)

Relevons que les grains de sable emportés par des vents assez forts acquièrent une force non négligeable. Ils peuvent créer des dégâts au moment où ils frappent d'autres sols, des pierres ou des êtres vivants. Ce sont les effets combinés de ces chocs et des vents rapides qui, au cours des siècles, ont façonné ces rochers du pays dogon, au Mali (**486**).

Les effets de quelques grains ne sont pas marquants, mais lorsque des milliards de grains sont emportés par des vents rapides ou violents, la somme de leurs dégâts est parfois considérable. Pensons simplement aux piqûres que nous ressentons sur la peau lorsque nous nous trouvons dans un vent de sable.

A force d'être attaquée par les grains en saltation, la structure des sols peut être abîmée.

Nous verrons plus loin que chacune des forces et **chacun des mouvements** que nous venons de relever doit **être combattu de façon spécifique**.



La terre argileuse, fertile, de ce bas-fond a été recouverte par du sable infertile.

Le vent emporte de l'eau

L'air contient de la **vapeur d'eau**. Plus il fait chaud, plus il peut en contenir. On trouvera une explication détaillée des rapports entre l'air et la vapeur d'eau dans *"Les chemins de l'eau"*, au chapitre 20.

Lorsque de grandes masses d'air chaud parcourent les champs, elles prélèvent de la vapeur d'eau à la surface du sol et des plantes. Celles-ci souffrent et se flétrissent plus ou moins durablement. Le tableau **488** résume cela.

Si on considère globalement l'économie de l'eau d'un terroir, il est toujours plus profitable que l'eau emportée par l'air en mouvement provienne de plantes vivantes qui la transpirent, plutôt que du sol ou des surfaces d'eau.

Prenons l'exemple d'un lac. Durant la journée, il est réchauffé par les rayons du soleil. L'eau s'évapore. On peut considérer, sous les climats tropicaux, que l'évaporation équivaut à une couche de 1 à 3 cm d'eau par jour. La **vapeur d'eau** formée au-dessus du lac est **emportée par le vent**. Elle est perdue pour la production de biomasse. Par contre, si le lac est couvert de nénuphars, ceux-ci utilisent de l'eau en quantité et produisent une biomasse utile à la faune aquatique (**489**). Leurs tubercules sont aussi consommés par l'homme, comme légumes. Vu sous l'angle de l'évapo-transpiration, il est presque toujours intéressant, lorsque les vents passent sur une zone, d'accroître la proportion de vapeur d'eau transpirée à travers les plantes, et de diminuer l'évaporation directe au niveau du sol ou des nappes d'eau.

Tout ce qui peut être fait pour **diminuer la vitesse** du vent au-dessus des cultures, pour **rafraîchir l'air** et pour **protéger le sol et les surfaces d'eau de l'impact du vent** est utile. Mais considérons aussi que tout ce que nous allons faire pour lutter contre l'érosion éolienne sera intéressant pour la lutte contre l'évaporation.

488 L'effet du vent sur les plantes

l'air est calme

La plante pompe l'eau dans le sol par ses racines. Elle **transpire** de l'eau par les **stomates** qui sont de petites bouches situées à la surface des feuilles.



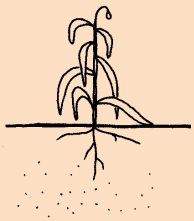


l'air est agité

Le **vent qui passe est gourmand en vapeur d'eau.** Il l'emporte avec lui. Il force la plante à pomper plus d'eau dans le sol pour satisfaire sa gourmandise. Le sol s'assèche.

le flétrissement

Lorsque le **sol est trop sec**, la plante ne trouve plus d'eau. Elle ferme ses stomates et cesse de respirer. Ses feuilles se flétrissent.



Le vent accélère le flétrissement des plantes. Il provoque une diminution de la respiration et des difficultés d'alimentation des plantes agricoles dans le sol, donc une moindre production.

489



Les feuilles étalées des nénuphars diminuent l'évaporation directe à la surface de l'eau au bénéfice de la transpiration. Elles produisent de la biomasse utile tant pour la faune aquatique, que pour l'alimentation humaine.

Notes

Combattre l'érosion éolienne

Les vents font partie de l'environnement. On ne peut les arrêter ou les empêcher d'exister, mais on peut **calmer** leurs effets sur certaines portions de terroir. Nous allons voir comment. Mais avant cela, relevons des préalables importants, si on veut que la lutte soit efficace (**490**).

490 *Préalables à la lutte contre l'érosion éolienne*

- ❑ prendre **conscience** des réalités et des effets **à moyen et long terme** de l'érosion éolienne sur l'exploitation des terroirs;
- ❑ **connaître les vents** et les phénomènes d'érosion qu'ils provoquent à chaque période de l'année;
- ❑ connaître la direction des **vents dominants**;
- ❑ **connaître les pertes** occasionnées par les vents et l'érosion éolienne sur les cultures;
- ❑ **modifier les comportements** humains qui engendrent l'érosion éolienne;
- ❑ **déterminer les responsabilités** individuelles et collectives.

Limiter l'impact des vents à la surface des terroirs, des jardins, et sur les étendues d'eau se fait de **plusieurs façons** plus ou moins radicales:

- ➠ créer toutes sortes d'**aspérités** au niveau des sols,
- ➠ **diviser les flux d'air** par tous les moyens en les découpant et en les filtrant, par exemple au moyen de végétaux,
- ➠ **forcer les masses d'air à s'élever** dans l'espace aérien, afin qu'elles soient moins actives au niveau de la surface du sol, cela peut se faire par exemple au moyen de pare-vent, de haies ou de bandes d'herbes hautes,
- ➠ **étaler sur le sol des matériaux perméables** tels que des pailles ou du mulch, ou des bâches perméables,
- ➠ adapter les **pratiques agricoles** de façon à gêner le vent et à l'empêcher d'emmener des matériaux au loin,
- ➠ **couvrir les surfaces d'eau au moyen de végétations** adaptées.

Brise-vent et arbres bocagers

Voyons comment les arbres peuvent modifier les effets du vent.



491

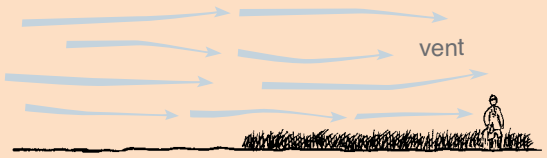


La figure **201**, rappelée ci-contre, représentait un bocage. En l'absence d'arbres, une masse d'air parcourt le champ à la vitesse acquise avant de l'avoir abordé. Mais les arbres bousculent cette masse. Pour continuer son chemin, elle est obligée de ralentir en tourbillonnant entre les arbres. Elle est découpée ou repoussée en hauteur. Rappelons-nous la comparaison avec les mouvements de l'eau (**465**). Plus les arbres sont disséminés densément, plus importants sont les effets de découpage de la masse d'air et la protection du sol.

Analysons plusieurs situations dans le tableau **492**.

492 *Protections contre les vents*

A **aucune protection**





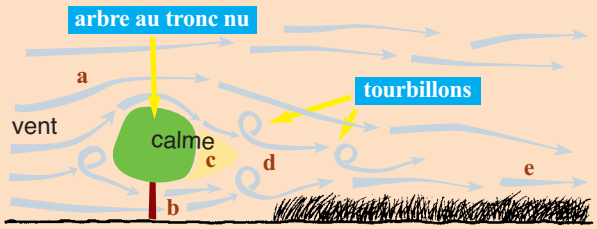
Le vent se présente au-dessus d'une terre de culture ou d'un jardin maraîcher dépourvu d'arbres.

Les flèches représentent un vent sec qui franchit la terre à grande vitesse. Il arrache de grandes quantités d'eau aux plantes cultivées qui transpirent beaucoup, d'autant plus qu'il fait chaud. Là où le sol est nu, le vent emporte aussi des particules.



492 *(suite)*

B ligne d'arbres aux troncs nus



Le vent rencontre, au début de la parcelle, le feuillage d'une rangée d'arbres dont les troncs sont dénudés.

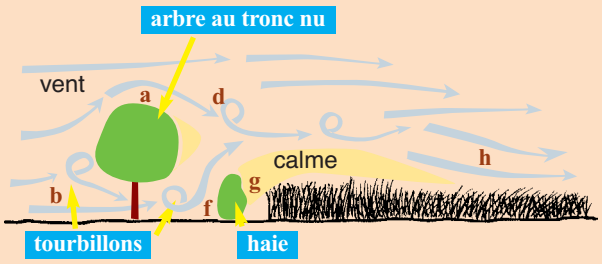
Il se forme des tourbillons à l'arrière des arbres. Sous les houppes, le vent prend de la vitesse. Les cultures voisines sont mal protégées.

L'air se divise en trois parties: l'une passe au-dessus des cimes, elle est désignée par la lettre (**a**) sur la figure, l'autre en dessous du feuillage (**b**), la troisième traverse celui-ci. Derrière le feuillage des arbres, il y a d'abord une zone calme (**c**) où la vitesse du vent est affaiblie, puis il y a une zone où le vent tourbillonne (**d**). Enfin, l'air qui avait été repoussé vers le haut par l'arbre, redescend et reprend de la vitesse au-dessus des cultures (**e**). **Une rangée d'arbres dont les troncs sont nus protègent mal les cultures.**



Ces lignes d'anacardiers ne sont pas efficaces comme brise-vent. D'une part la vitesse des vents augmente en passant sous les cimes, d'autre part les arbres concurrencent les plantes saisonnières.

C ligne d'arbres renforcée par des haies

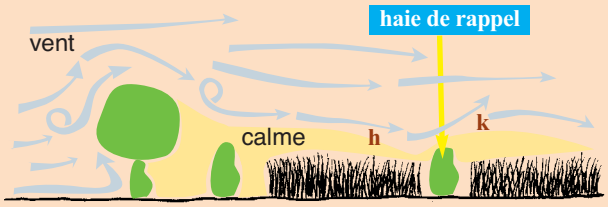


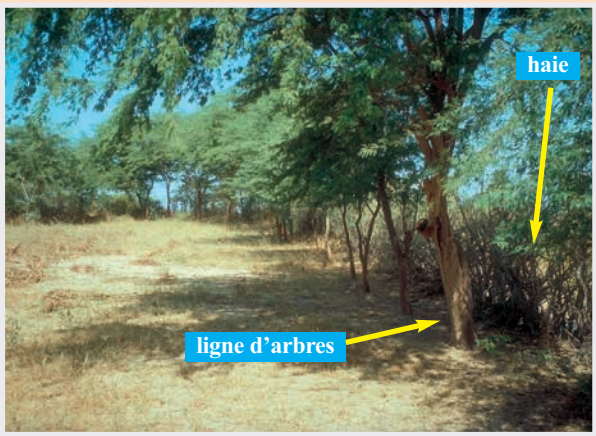
Le champ est protégé par des arbres et des haies.

Le vent rencontre **des arbres** dont les troncs sont nus, **puis une haie**. L'arbre et la haie provoquent des tourbillons et ralentissent le vent. Les cultures sont protégées jusqu'à une certaine distance.

La haie provoque la division de la masse d'air à proximité immédiate du sol. Une partie de l'air qui cherche à passer sous le feuillage des arbres butte sur la haie et est renvoyée vers le haut en tourbillonnant (**f**). Une autre partie traverse la haie en ralentissant sa vitesse (**g**).

Un peu plus loin, l'air redescend en reprenant de la vitesse. Il frôle à nouveau les plantes cultivées (**h**). C'est pourquoi il est **intéressant de placer plusieurs haies successives** afin de faire remonter l'air (**k**, ci-dessous).





Le tableau **495** montre l'aspect d'une bonne haie, vue de face. Parmi les espèces qui la composent, on note:

- ♣ des **arbustes** dont les feuillages ne dépassent pas la hauteur de l'homme;
- ♣ des **petits arbres** ou grands arbustes qui poussent rapidement et fourniront des perches, en particulier pour la construction. Il faut veiller à ce qu'on puisse les couper régulièrement. Cette partie de la haie, qu'on appelle le taillis, peut avoir de quatre à cinq mètres de hauteur;

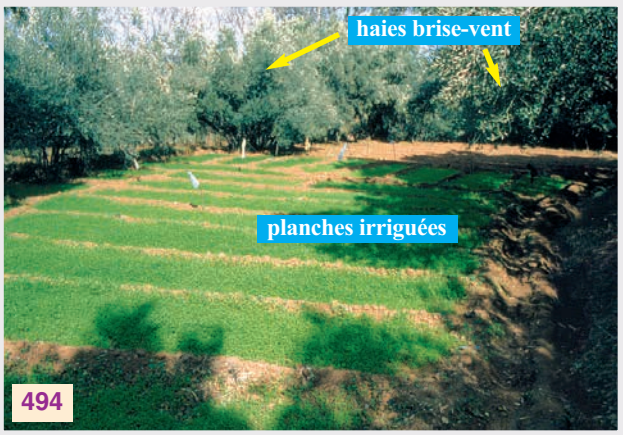

493

Lorsque l'air se frotte aux feuilles et aux folioles découpées, le vent se "fatigue" et perd de l'énergie.

- ♣ enfin de plus **grands arbres** (hautes tiges) peuvent être plantés tous les huit à dix mètres. Leur cime peut s'élever assez haut. On les laissera croître dans l'optique de produire du bois d'œuvre.

Quelques principes peuvent être retenus pour la réalisation des brise-vent. Ils sont relevés dans la figure **496**:

- ➤ les haies doivent **filtrer** l'air en mouvement et le **"fatiguer"** en l'obligeant à se frotter contre leurs nombreuses feuilles. Elles ne doivent pas bloquer les vents. Les espèces végétales à feuilles très découpées (**493**) conviennent mieux que celles dont les feuilles sont grandes;
- ➤ les haies sont disposées de façon à **dévier** le vent latéralement, ou à l'obliger à s'élever;
- ➤ si possible, les haies sont disposées de façon à **se relayer**, comme indiqué sur la figure **492 C**;
- ➤ comme les haies occupent de la place dans les champs, on cherche à ce qu'elles soient **productives**.



494

495 *Caractéristiques d'une bonne haie brise-vent*

- ❑ l'association des différentes espèces composant la haie se réalise en **étagements complémentaires**
- ❑ la haie est **épaisse** mais néanmoins **poreuse** dans sa partie moyenne et supérieure



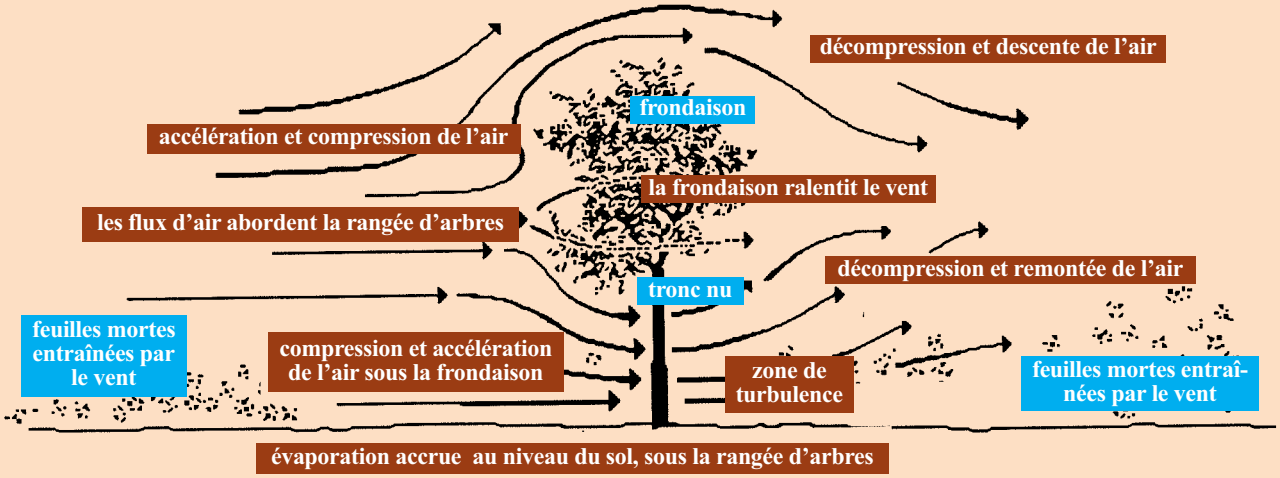
- ❑ sa **hauteur** est au moins de 1/10 de la longueur de la parcelle à protéger contre les vents
- ❑ sa **longueur** dépasse largement celle du terrain à protéger



- ❑ elle est composée de **plusieurs espèces** d'arbres ou d'arbustes bien en végétation au moment où soufflent les vents dominants et où la protection est la plus utile et nécessaire
- ❑ les plantes qui la composent sont bien **adaptées au climat** local. Elles supportent bien les coupes d'entretien et de production. Elles sont, si possible, productrices de produits consommables.

496 Effets brise-vent des lignes d'arbres hautes-tiges et des haies denses

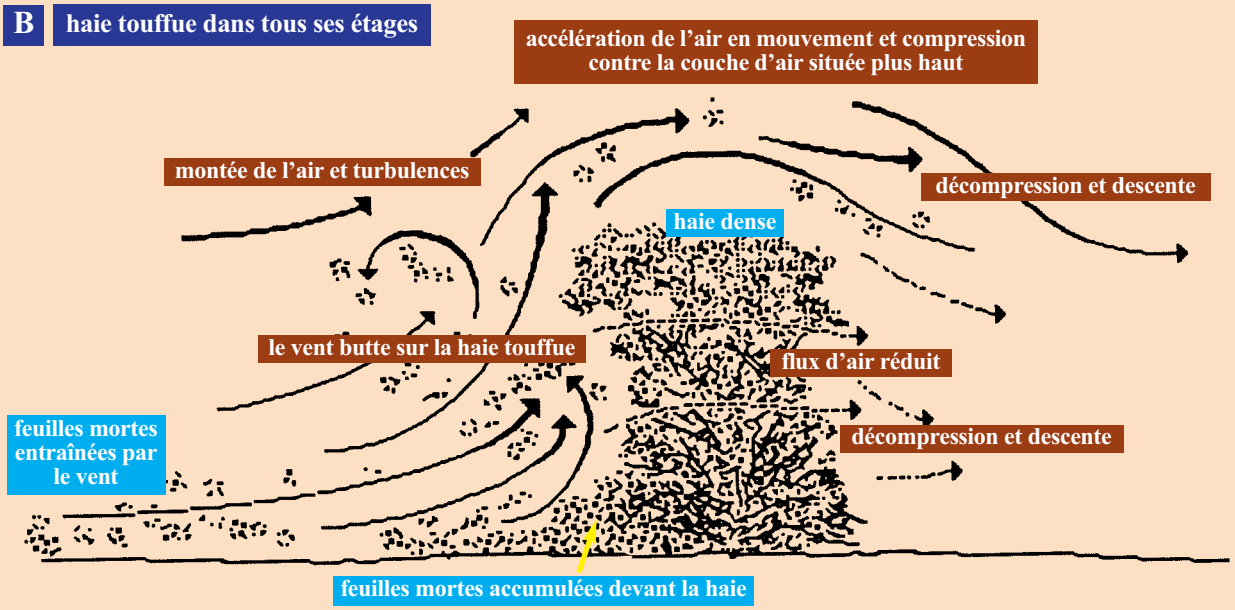
A rangée d'arbres dont les troncs sont dénudés





- rien n'arrête le vent dans la partie basse de la rangée d'arbres;
- la vitesse de l'air augmente au-dessus et en dessous de la frondaison;
- l'accroissement du débit d'air à proximité du sol entraîne une augmentation de l'évaporation à ce niveau.

B haie touffue dans tous ses étages





- le vent butte contre la haie, une partie la traverse en ralentissant;
- une autre partie s'élève pour passer au-dessus de la haie et accélère sa vitesse;
- l'air est compressé entre la haie et les couches d'air supérieures;
- puis, il se décompresse derrière la haie et retombe progressivement vers le sol;
- les matières entraînées par le vent abordant la haie retombent à son pied, étant donné le ralentissement et les turbulences de l'air.

497 Quelques structures de brise-vent


498


499

Haies buissonnantes monospécifiques

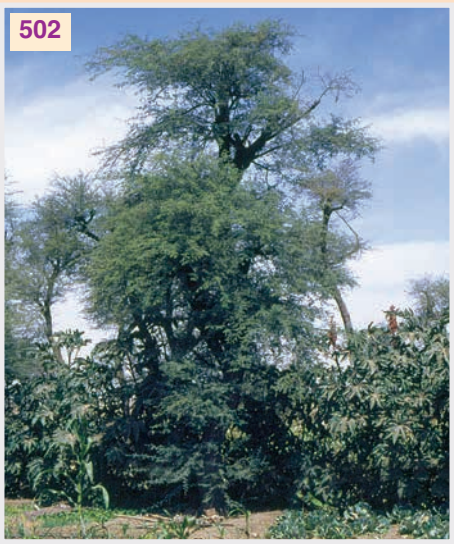
A gauche, haie d'Euphorbia balsamifera (salane) dense et à croissance rapide, efficace comme brise-vent si elle est bien serrée et entretenue. A droite, une haie faite de pieds très serrés de Adenium obesum.


500


501

Brise-vent herbacés

A gauche, ligne de cannes à sucre protégeant un jardin irrigué contre les vents (Cap Vert). A droite, lignes de sétaria fourrager monté en cannes.


502

Haie composée d'arbres et d'espèces herbacées

A gauche: acacia et ricin.
Ci-dessous: grévilier et sétaria


503

Les meilleures haies permettant de lutter contre les vents et l'érosion éolienne sont biodiversifiées, multiétagées et multifonctionnelles.

497 (suite)





Brise-vent arborés monospécifiques

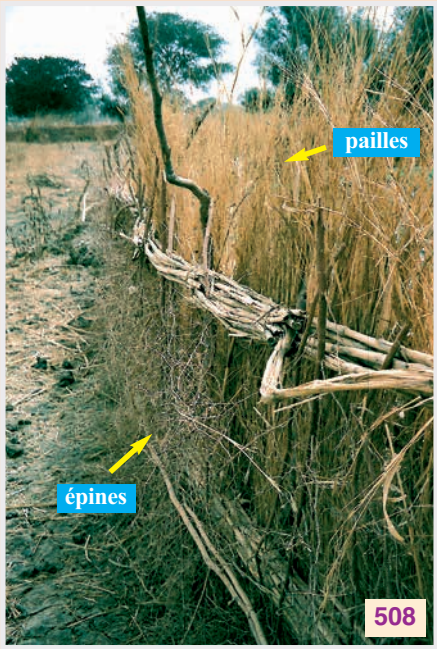
Haies monospécifiques de leucaena à gauche, d'eucalyptus à droite





Brise-vent plurispécifiques et multifonctionnels

Ci-dessus, brise-vent multifonctionnel servant aussi de clôture (agaves, combretum, euphorbes). A droite, haie cloturante composée de plusieurs espèces de légumineuses épineuses et fourragères.



Brise-vent temporaires en pailles et épines



Clôture en pailles autour d'un jardin maraîcher. A l'extérieur, sa base est protégée par des branches épineuses pour empêcher la pénétration des animaux domestiques.

Brise-vent herbacés

Les brise-vent herbacés s'avèrent souvent très efficaces. Ce sont des bandes d'herbes de 50 à 60 centimètres de hauteur, ou plus, disposées régulièrement sur la superficie cultivée. Ces brise-vent herbacés maintiennent les masses d'air en mouvement à une certaine hauteur, ce qui évite qu'elles ne frôlent trop directement le sol et les jeunes pieds cultivés.

Les photos **501** et **503** nous montraient des lignes d'herbes fourragères établies en vue de lutter contre l'érosion hydrique. Mais elles ont aussi un effet significatif sur les vents qui se déplacent contre la surface du sol. Plus l'herbe est haute, plus elle ralentit les vents superficiels. On voit aussi qu'il est possible d'utiliser la canne à sucre pour la protection contre les vents (**500**), ou d'autres espèces d'herbacées dont le port est élevé. Les euphorbes bien serrées les unes contre les autres sont également efficaces (**498**).

Les brise-vent herbacés peuvent aussi être établis sur des cordons pierreux en vue de stabiliser ceux-ci.

Autres techniques de lutte contre les vents

Toutes les pratiques qui créent des aspérités et des microclimats, aussi restreints soient-ils, sont utiles pour la protection des cultures contre les effets des vents. Relevons-en quelques-unes seulement.

La photo **510** montre que de simples petites **fosses** réalisées à la houe sont des pièges pour toutes les matières en reptation sur le sol, telles que les débris de feuilles et les grains de sable poussés en avant.

Une méthode de labour est assez particulière (**511**): des petites fosses dans lequelles on sème les légumes sont approfondies et reçoivent du fumier. La terre sortie des fosses est placée tout autour, en cercle. L'eau d'arrosage est retenue par le fumier, alors que le vent circulant en surface de la parcelle est forcé de remonter de quelques centimètres, sans toucher la base des jeunes pieds.

Ailleurs, on voit que les jeunes pieds de légumes sont protégés par des **bassines** percées (**512**). Cette technique comporte plusieurs avantages. Le vent n'atteint pas du tout la surface du sol, aux abords immédiats du plant de légume. Celui-ci est ombragé par les rebords de la bassine et ne peut être échauffé directement par les rayons solaires. Les effets des vents environnants sont quasi nuls dans les très petits microclimats formés grâce aux bassines.



Les matériaux en reptation, poussés en avant par le vent, sont piégés dans les petites fosses.



Lorsqu'il rencontre le rebord surélevé des petites fosses enrichies de fumier, le vent circulant en surface du sol est obligé de remonter.



Les bassines percées disposées au-dessus des pieds de tomates obligent l'air en mouvement à s'élever. Le vent n'atteint donc pas les pieds à leur base. L'évaporation directe au niveau du sol est moindre qu'autour des bassines.

La photo **513** montre une pratique de **palissage** sur des supports faits de cannes de mil. Les tuteurs portent des espèces sarmenteuses et lianeuses qui, en se développant, protègent les cultures des étages inférieurs et la surface du sol contre les vents.



Les plantes palissées s'élèvent et protègent les plantes des étages inférieurs.

Limiter les effets du vent au-dessus des surfaces aquatiques

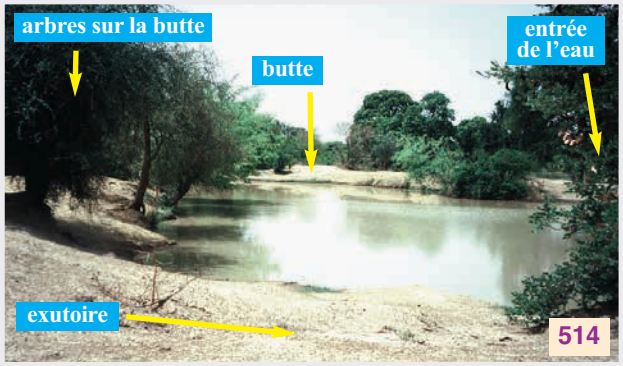
Comme on l'a dit plus haut, les pertes d'eau par évaporation au-dessus des lacs, des étangs et des mares sont très importantes sous les tropiques. Relevons **trois causes** à l'origine de cette évaporation intense:

- la masse d'eau s'échauffe sous les rayons du soleil. La **vapeur qui s'échappe est proportionnelle à la température** des premiers centimètres de cette masse. Ce sont en effet ces premiers centimètres qui s'échauffent le plus rapidement, alors que la température des couches d'eau plus profondes est moins influencée par le rayonnement solaire;
- la vapeur d'eau échappée de la masse d'eau est **absorbée par l'air**. Plus il est chaud, plus l'air peut en absorber;
- juste au-dessus de la surface aquatique, **l'air gavé de vapeur d'eau** est emporté. Plus les vents sont rapides, plus ils entraînent de la vapeur.

Pour limiter les effets du vent au-dessus des surfaces aquatiques, **plusieurs types d'actions** sont donc possibles:

- **réduire l'impact direct des rayons** solaires sur la surface aqueuse, par exemple en la végétalisant (**489**);
- **réduire la surface exposée au soleil et au vent** et approfondir la mare ou l'étang. Pour une même quantité d'eau, l'évaporation en surface sera proportionnellement beaucoup moindre si la surface est réduite que si elle est vaste. C'est comme d'exposer un litre d'eau au vent, dans une assiette ou dans un haut récipient dont l'ouverture est étroite;
- **ralentir et calmer les masses d'air** qui passent au-dessus de la surface aqueuse. L'exemple du bouli que nous voyons sur la photo **514** est une bonne illustration.

La construction de boulis est traditionnelle dans certaines régions. Le **BOULI** est une mare creusée profondément et entourée d'arbres. Plus la profondeur est importante, plus longtemps subsistera la réserve d'eau lors de la saison sèche. La terre extraite au moment du creusage et des entretiens est disposée en butte tout autour du bouli. Elle est plantée d'arbres et d'arbustes qui limitent la vitesse du vent passant au-dessus de l'eau. Si possible, on imperméabilise le fond du bouli avec des pierres plattes.

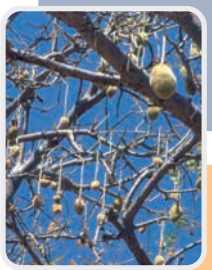


Un bouli au Burkina Faso. La terre enlevée au fond du bouli a été disposée en butte, tout autour. Des arbres plantés sur la butte complètent la protection de la mare.

Combiner les luttes

Comme dans tous les autres cas de luttes dont nous avons déjà parlés, les solutions combinées et systémiques sont toujours les plus pertinentes. Il est souvent intéressant de rechercher des effets complémentaires entre la lutte contre l'érosion hydrique et l'érosion éolienne, entre la recherche d'une grande biodiversité sur les terroirs et la lutte pour diminuer les vents, entre les luttes antiérosives et la recherche de fertilité.

Comment le vent agit-il sur notre terroir? Quelles sont les conséquences de cette action sur l'agriculture et l'élevage? Quelles sont les pratiques et les techniques de lutte contre les effets du vent que nous constatons dans le terroir? Quelles techniques et quels aménagements peut-on envisager?



Partie 7
Les plantes

Chapitre 22
Aspects de la botanique

Quelques définitions

La botanique

La **BOTANIQUE** est la science qui s'intéresse au monde végétal. Elle en étudie toutes les caractéristiques. En voici quelques grands axes:

- la **MORPHOLOGIE** étudie les **formes extérieures** de l'organisme végétal: forme des tiges, des rameaux, des bourgeons, des feuilles, des racines, des fleurs, des fruits,…;
- l'**ANATOMIE** étudie la **structure interne** de l'organisme: la disposition des tissus tels que le bois ou l'écorce, la disposition des vaisseaux transportant la sève, la forme des cellules constituant les feuilles, les tiges, les racines, la disposition des graines à l'intérieur des fruits, la structure des graines, etc;
- la **PHYSIOLOGIE** étudie le **fonctionnement physique et chimique interne** de l'organisme: la façon dont les plantes se nourrissent et transforment en sèves les matières puisées dans l'air ou le sol, les mécanismes de la photosynthèse, de la respiration, de la transpiration, la production de substances indispensables à la vie;
- l'**ÉTHOLOGIE** étudie le **comportement** des organismes végétaux dans le milieu où ils vivent (**517**): leur mode de vie dans les différents milieux, leur adaptation à ces milieux, leurs besoins climatiques, etc.;
- la **SYSTÉMATIQUE classifie** les organismes vivants selon leurs caractéristiques morphologiques, anatomiques et physiologiques. Les formes des feuilles, des fleurs, des fruits, des tiges ainsi que d'autres critères détaillés déterminent la classification systématique. Le tableau **519** relève quelques critères morphologiques utilisés pour la classification systématique.

Nous ne pouvons aborder l'immensité des sciences botaniques dans ce livre. Ceux que cela intéresse pourront approfondir ces questions, par exemple dans l'*Encyclopédie Larousse de la nature* consacrée à la flore et à la faune ou dans d'autres ouvrages relevés dans la bibliographie.

Familles, genres, espèces et variétés

Il existe des centaines de milliers d'espèces végétales, des plus grandes aux plus infimes. Beaucoup sont exploitées par l'homme pour se nourrir, s'habiller, se soigner. Mais quelques milliers d'espèces végétales seulement sont mises en culture de façon intensive dans le monde.

Pour ce qui est de l'agriculture, ce qui nous intéresse le plus dans la classification systématique des plantes, ce sont les genres, les espèces et les variétés cultivées.

Qu'y a-t-il de commun entre une mousse, un lotus, un palmier, un cyprès, un cotonnier, un plant de riz, un pied de pomme de terre ou de citrouille, un oignon, un figuier de barbarie, et d'autres plantes agricoles que nous côtoyons?

516 ***Quelques flores pour la détermination des espèces végétales***

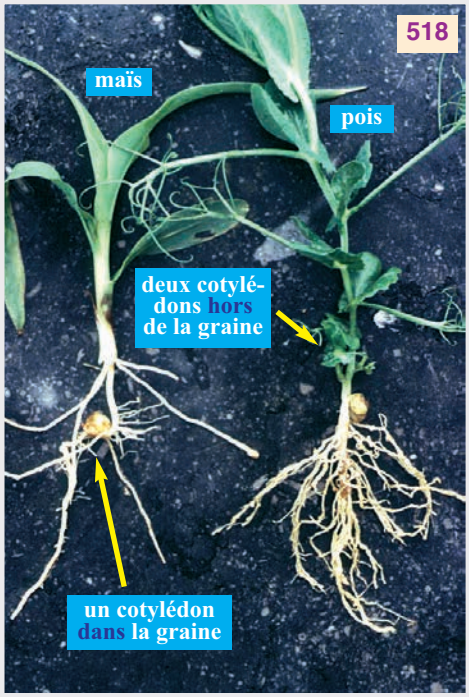
- *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest*, Michel Arbonnier, CIRAD, MNHN, UICN
- *La forêt dense d'Afrique Centrale*, Y. Tailfer, CTA, ACCT
- *Flore du Sénégal*, J. Berhault, Clairafrique
- *Nzayilu n'ti, guide des arbres et arbustes de la région de Kinshasa* – Brazzaville, L. Pauwels
- *Agriculture en Afrique Tropicale*, R. Raemaeckers, DGCI (flore agricole)

517 Éthologie

L'**éthologie** est la science qui s'occupe du comportement des plantes dans l'environnement. N'entrons pas dans les détails de cette science complexe, mais soyons attentifs à certains aspects qui ont une influence directe sur l'exploitation des plantes cultivées. Prenons quelques exemples:

- le **palmier à huile** est une plante typiquement tropicale qui a besoin de chaleur et ne supporte pas le froid. Nous ne le trouvons pas en altitude, sur les hauteurs d'Afrique centrale, là où il peut geler à certaines périodes. Nous ne le trouvons pas plus dans les régions méditerranéennes, dans les zones où la température risque de s'abaisser en dessous de 10 degrés centigrade;
- le **caféier** robusta se développe bien dans des régions tropicales humides de faible altitude. Au-dessus de 1300 mètres, il peut souffrir du froid au cours de la nuit. Par contre, le caféier arabica peut être planté entre 1300 et 1800 mètres d'altitude, sans être gêné;
- l'**olivier** est une espèce typiquement méditerranéenne. Vous aurez beau faire, il ne peut se développer en Afrique subsaharienne;
- le **poirier** peut végéter sous les tropiques, mais il n'y fleurit pas et n'y produit pas de fruits. Cette espèce apprécie deux types de conditions qu'on ne rencontre pas sous les tropiques: un coup de froid durant l'hiver, et des journées longues et ensoleillées au printemps et en été;
- l'**arachide** apprécie l'ensoleillement et un sol meuble. A quoi bon la semer sur un sol argileux très lourd, à l'ombre de feuillages épais;
- le **macabo** apprécie de pousser à l'ombre, sur des terres assez humides. Il est mal à l'aise lorsqu'on le plante en plein soleil, sur des terres pauvres et sèches.

Chaque espèce et chaque variété est influencée par le milieu. Chacun des facteurs relevés dans les deux premières parties du livre doit être analysé pour comprendre l'échec ou la réussite du développement des plantes spontanées ou cultivées. Comme les hommes et les animaux, les plantes ont leurs habitudes de vie.



A gauche, germination du maïs qui est une espèce monocotylédone. A droite, les deux cotylédons du jeune pied de pois.

Tous sont des végétaux capables de faire la photosynthèse, mais ils sont très différents de par leurs aspects, leurs modes de reproduction, leurs feuilles, leurs fruits.

Parmi la masse des végétaux poussant sur la planète Terre, certains se ressemblent. Le citronnier, l'oranger, le pamplemoussier, le pomelo, ont manifestement des caractéristiques communes. De même le palmier à huile, le palmier doum, le dattier, le cocotier, ont un air de famille. Ou encore le riz, le froment, le sorgho, la canne à sucre, le bambou, le sétaria, le paspalum, et bien d'autres espèces qu'on appelle de façon générale "graminées".

Les botanistes ont établi une classification des espèces en fonction de leurs différences et de leurs ressemblances. Il y a par exemple les espèces qui forment des fleurs, les **ANGIOSPERMES**, et celles qui n'en développent pas, les **GYMNOSPERMES**. Parmi les angiospermes, il y a celles dont les graines comportent deux cotylédons, ce sont les **DICOTYLÉDONES**, et celles qui n'en comportent qu'un seul, qui sont dites **MONOCOTYLÉDONES** (518). Ces deux catégories de plantes sont elles aussi décomposées successivement en groupes ayant des grandes caractéristiques communes. Les espèces de cactus, par exemple, avec leurs épines et leur capacité à stocker l'eau dans leurs tiges, se ressemblent. Ils font partie d'une famille appelée cactacées. Il existe de nombreuses espèces d'eucalyptus dont les feuilles, les fruits, les écorces se ressemblent. Ils font tous partie d'une famille appelée myrtacées.

Deux plantes font partie de la même **ESPÈCE** lorsqu'elles sont capables de se féconder entre elles. Il existe toutefois des exceptions puisque quelques espèces différentes appartenant au même genre ou à la même famille sont parfois capables de se métisser. Les **VARIÉTÉS** sont des sous-groupes de plantes appartenant à la même espèce. Elles diffèrent entre elles par quelques caractéristiques seulement telles que la couleur ou la forme des feuilles et des fruits, la forme des racines, les caractéristiques des tiges.

De nombreux critères interviennent pour caractériser les **FAMILLES**. Relevons en quelques-uns.

- ♠ La **morphologie des fleurs et des organes qui les portent**. En décortiquant la fleur d'un oranger ou d'un baobab, on constate de fortes **différences** avec les fleurs de l'arachide, du maïs, du manguier, de l'acacia, etc.

  Si, par contre, nous prenons les fleurs de la tomate, de la pomme de terre, du tabac, de l'aubergine, nous constatons de fortes **similitudes**. Ces plantes appartiennent toutes à la famille des solanacées (**521**).

- ♠ La **forme** et la **disposition du feuillage.** Le feuillage du palmier à huile, par exemple, n'a rien à voir avec celui de l'oignon ou de la canne à sucre. On lui trouve, par contre, des ressemblances avec d'autres espèces telles que le dattier, le rônier, le palmier doum, le palmier raphia, etc. Ils font tous partie de la famille des palmiers qui sont des espèces monocotylédones.

- ♠ La **position des bourgeons foliaires** sur les pieds. On les trouve dans des rosettes, sur les tiges et leurs rameaux. Ils se forment à l'aisselle des feuilles ou des cicatrices qu'elles laissent après leur disparition, ou alors, sur les entrenœuds à des endroits quelconques.

- ♠ La **position des bourgeons floraux**. On les trouve sur des hampes, sur des coussinets floraux spécialisés, à n'importe quel endroit des rameaux ou à des endroits spécifiques tels que les aisselles foliaires, etc.

- ♠ La **forme des fruits** et la **disposition des graines** dans ceux-ci. Les fruits du goyavier ou du ricin n'ont absolument rien à voir avec ceux des palmiers, des bananiers, de la tomate et d'autres. L'observation directe et des coupes judicieuses en long et en travers dans les fruits permettent de constater les différences.

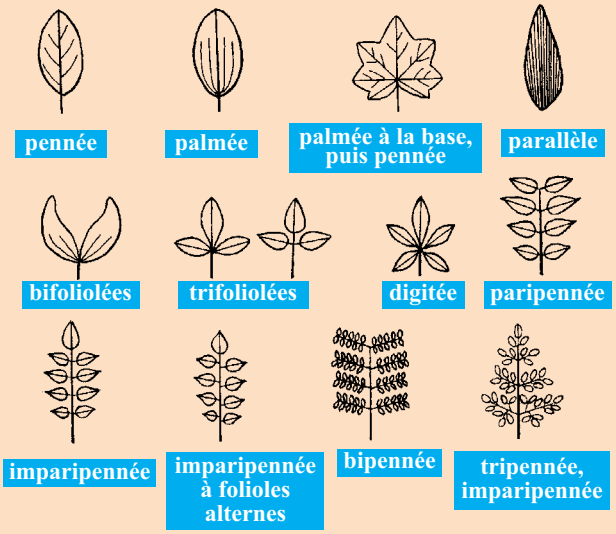
Ce qui relie les espèces, au sein d'une même famille, est toujours **un ensemble de caractéristiques**.

Nous n'épuiserons pas la liste des critères qui interviennent dans la classification des espèces végétales, cultivées ou non.

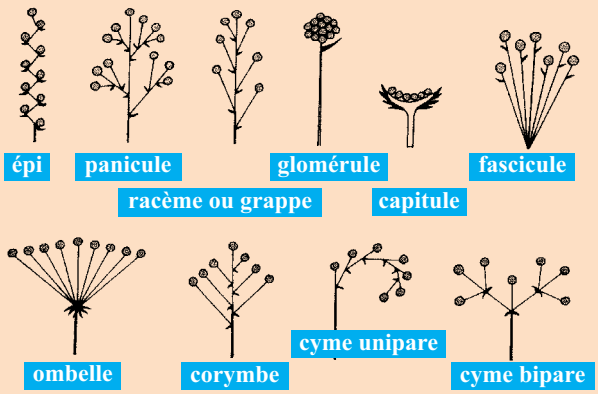
Le tableau **519** relève quelques caractéristiques sur lesquelles les botanistes systématiciens se fondent pour établir la classification des espèces végétales. Ce ne sont que quelques exemples. Les critères de regroupement par familles sont définis dans les **FLORES**. Ce sont des livres qui permettent de reconnaître l'appartenance d'une plante à une espèce et à sa famille (**516**).

519 *Quelques critères morphologiques pour la classification des espèces angiospermes*

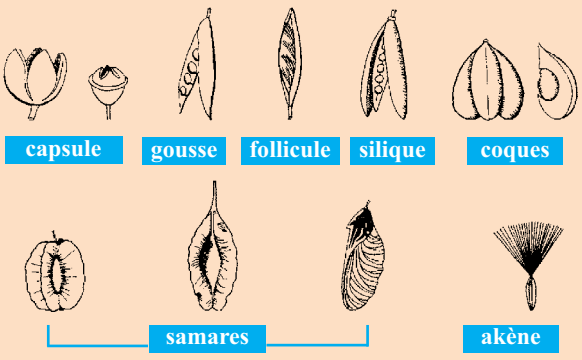
Forme des feuilles



Forme des inflorescences



Forme des fruits



Extrait de la flore de Michel Arbonnier

La classification des espèces n'est pas sans importance sur le plan agricole. Quelques exemples peuvent être donnés:

- ❏ les espèces **rampantes** ou **sarmenteuses** ne seront pas cultivées comme les plantes **dressées** ou les arbres. Leurs caractéristiques sarmenteuses ou rampantes justifient des pratiques de tuteurage. Elles sont souvent couvrantes au-dessus du sol;
- ❏ les légumineuses ont tendance à s'associer en **symbiose** avec des bactéries du sol. Cette caractéristique est utile à l'agriculture puisque ces espèces sont fertilisantes. Cependant, d'autres espèces font cela aussi, comme par exemple *Casuarina* qui n'appartient pas à la famille des légumineuses.
- ❏ en culture, la **reproduction** des espèces se fait différemment. Certaines ne peuvent se reproduire que par **graines**, d'autres le font par des **portions de tiges**, de **bulbes**, de **racines**, comme nous allons le voir plus loin. Les pratiques de semis sont déterminées par ces caractéristiques;
- ❏ les espèces d'une même famille ont fréquemment les mêmes **parasites**. C'est pourquoi il faut éviter qu'elles se succèdent sur les mêmes parcelles au cours des rotations de cultures;
- ❏ la **forme de l'enracinement**, profond ou superficiel, détermine les types de labour, de buttage, de tailles racinaires à mettre en œuvre.

La liste des exemples est infinie. L'analyse des caractéristiques morphologiques des espèces et de leurs comportements éthologiques est indispensable pour la définition des pratiques agricoles.

520 Quelques types de fleurs



521 Fleurs de la famille des solanacées



Notes

Noms vernaculaires, noms scientifiques

Noms des espèces

Entre les hommes de langues et de cultures différentes, il n'est pas toujours facile de se comprendre lorsqu'on parle d'une espèce vivante, végétale pour ce qui nous concerne.

Prenons l'exemple du néré, arbre très courant en Afrique de l'Ouest. Chaque peuple désigne cet arbre par un **NOM VERNACULAIRE** (522).

Imaginons la rencontre d'un Bambara, d'un Sérère et d'un Gourmanché, d'un Éwondo et d'un Mushi, essayant de s'entendre sur l'espèce dont ils veulent parler. S'ils n'ont pas un exemplaire sous les yeux, ils n'y arriveront pas.

S'ils décident de s'exprimer en français et en anglais, ils auront encore quelques difficultés. Il existe en effet plusieurs appellations de l'espèce dans ces langues.

Les **NOMS SCIENTIFIQUES** offrent l'intérêt de fixer avec précision l'identité du genre et de l'espèce, quelle que soit la région du monde et quelle qu'en soit la langue. Le nom scientifique est exprimé en langue latine parce que les premiers classificateurs utilisaient cette langue. Le néré s'appelle *Parkia biglobosa* en langage scientifique, et c'est sous cette appellation qu'on le trouve dans les flores. Ce nom n'est généralement pas connu chez les populations rurales africaines.

Les noms scientifiques comprennent deux parties. **La première désigne le genre** (*Parkia*), on l'écrit avec une majuscule. **La seconde indique l'espèce** (*biglobosa*), elle n'a pas de majuscule.

Noms des variétés

Le nom scientifique du haricot commun est *Phaseolus vulgaris*. Nous en voyons un lot coloré sur la photo 523.

522 Les noms vernaculaires et scientifique du néré

Noms vernaculaires du néré:

peul	maréhi, nduturi, néréhi
fufuldé foulbé	dawa dawa
bambara	néré, nété
tamachek	ndutuuri
yoruba	tokoro
diola	bu gilay, bu nok
sérer	sèv, yev
wolof	ul
kabyé	solon, soto
koto koli	solo
moba	dug
dendi	ko
ditamari	bunuwan
fon	awa
bobo	néré
gourmanché	bu dubu, budugu
mooré	doaga, roaga

scientifique	*Parkia biglobosa*
français	néré, nété arbre à farine, mimosa pourpre
anglais	african locust bean, twoball, nitta tree



Si nous demandons à une cultivatrice rwandaise comment elle appelle ces graines, elle va les distinguer. Le nom qu'elle va désigner caractérise chaque type de graines en fonction de critères tels que: la couleur, la forme, la précocité, la tardiveté.

Les variétés traditionnelles ont toujours un nom vernaculaire. Il est souvent lié au comportement dans le milieu: "celle qui est rouge et qui supporte la sécheresse", "celle qui se développe bien au sommet des collines", "celle qui est sucrée», "celle qui fructifie avant toutes les autres", etc.



Quelques variétés de haricots au Kivu (R.D. Congo)

Les instituts de recherche désignent également les variétés qu'ils produisent et dont ils connaissent les comportements. Les désignations sont souvent des chiffres et des lettres tels que ISAR 328T, INERA XV 230, etc... Ces noms ne sont pas significatifs pour les cultivateurs, mais ils sont enregistrés dans les livres des stations agricoles. Souvent, lorsqu'ils adoptent dans leurs champs une semence sélectionnée en station, les cultivateurs leur attribuent un nom en langue vernaculaire.

524 Fiche signalétique d'une variété

- ➪ son nom ou son code
- ➪ son origine et sa généalogie
- ➪ son caractère pur ou hybride
- ➪ son comportement dans différents milieux
- ➪ les zones climatiques dans lesquelles elle s'adapte.

Pour connaître les caractéristiques des variétés disponibles dans les instituts de recherche, il faut aller les visiter et voir leurs fiches signalétiques (524).

Lorsque les chercheurs mettent au point une nouvelle variété, ils l'observent d'abord en station expérimentale, puis en milieu fermier. Les cultivateurs peuvent ensuite les tester dans le cadre de leur propre système de production.

Lorsque les cultivateurs veulent adopter des semences proposées par la recherche, celle-ci doit d'abord multiplier les semences dans des **CHAMPS DE MULTIPLICATION** ou champs **SEMENCIERS**. La multiplication peut aussi se faire dans des fermes semencières tenues par des cultivateurs spécialisés.

Des familles aux potentialités agricoles importantes

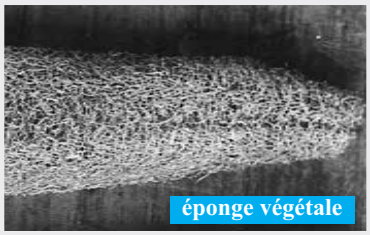
Il y a des familles de plantes dont l'importance agricole est immense en régions tropicales. Citons-en quelques-unes.

- ♣ La famille des **solanacées** regroupe de nombreuses espèces agricoles: tomate, pomme de terre, poivron, piment, aubergine, morelle noire, tabac. Notons l'importance économique de toutes ces espèces.
- ♣ Les **cucurbitacées** constituent une immense famille d'espèces agricoles. Le tableau 525 en relève quelques-unes.

  Les cucurbitacées ont toutes des caractéristiques comparables: grandes feuilles, tiges rampantes ou grimpantes souvent munies de vrilles leur permettant de s'accrocher à des supports, fruits charnus contenant des graines nombreuses, enracinement plus ou moins fasciculé. Les feuilles, pulpes, graines, calebasses,... sont utilisées à des fins multiples. Ces plantes sarmenteuses ou lianeuses sont souvent de bonne compagnie dans les associations

525 Les principales cucurbitacées cultivées





















chayotte, citrullus, pastèque, concombre, cornichon, concombre amer, courge, courgette, courge calebasse, courge cannelée, courge serpent, éponge végétale, margose, melon, potiron, citrouille, coloquinte.

culturales avec des plantes dressées, buissonnantes ou arbustives. Les cucurbitacées se distinguent aussi par leur grande capacité à stocker l'eau dans leurs fruits, même lorsqu'elles poussent dans des conditions relativement arides. Elles ont en commun d'être dioïques avec des fleurs mâles et femelles distinctes. Parmi chacune des espèces, il peut exister de nombreuses variétés.



Plusieurs espèces de graminées

- ♣ Les **graminées**. Cette famille comprend des espèces telles que: le riz, le sorgho, le mil, le teff, le froment, la canne à sucre, l'éleusine, le fonio, le maïs, etc., ainsi qu'un très grand nombre de plantes fourragères.



Deux espèces de palmiers

- ♣ Les **palmiers.** Cette famille est très importante eu égard, entre autres, à la multifonctionnalité des espèces qui la composent: palmiers elaïs (*Elaïs guineensis*), rônier (*Borassus flabellifer*), doum (*Hyphaene thebaica*) dattier (*Phoenix dactylifera*), raphia (*Raphia sp.*), cocotier (*Cocos nuciphera*) et bien d'autres. Ces plantes ont en commun la morphologie des feuilles, mais aussi les caractéristiques des fruits, de leurs noix, leurs coques, leurs pulpes huileuses. L'anatomie des troncs est telle qu'on ne distingue pas de bois et d'écorce.
- ♣ Les **légumineuses**. Nous en parlons ci-après.

Les légumineuses: une famille importante pour l'agriculture

Les légumineuses jouent un rôle très particulier dans les systèmes agricoles tropicaux. Beaucoup sont **multifonctionnelles**.

- ⇨ Leurs graines sont **riches en protéines** et parfois en **graisse** (arachide, soja, haricot, néré, par exemple).
- ⇨ La **structure de leur feuillage** est intéressante sur le plan écologique, tant pour l'ombrage léger qu'il fournit que pour briser les vents. Leurs épines sont souvent utiles pour l'établissement des clôtures.
- ⇨ Leurs **fourrages** sont riches en protéines.
- ⇨ Bon nombre de légumineuses ont des **capacités symbiotiques**, c'est-à-dire qu'elles sont capables de s'associer à la bactérie du sol *Rhyzobium* qui fixe l'azote de l'air au niveau de leurs nodosités.
- ⇨ Leur assez grande **sociabilité** permet de les associer à d'autres espèces, cultivées ou non, en tant que cultures intercalaires, arbres d'ombrage**,** engrais verts.
- ⇨ Elles ont une bonne **résistance aux milieux physiques difficiles**. Beaucoup de légumineuses sont adaptées aux milieux arides (acacias, prosopis).

Caractéristiques botaniques des légumineuses

Les légumineuses ont plusieurs **caractéristiques communes** qui sont décrites au tableau **528**.

- ❍ **Les feuilles** sont toujours composées de plusieurs folioles.
- ❍ **Les fleurs** se présentent sous trois formes, différentes selon les familles. Elles sont décrites ci-après.
- ❍ Les **fruits** sont toujours des **gousses** plus ou moins allongées qui se fendent en longueur pour laisser tomber les graines.

La grande famille des légumineuses comporte **trois sous-familles**:

- ♣ les **FABACÉES** étaient appelées anciennement "papillonacées", car leurs fleurs ressemblent à des papillons. Si on les décompose, on voit que des pétales de formes différentes sont disposés de façon symétrique des deux côtés d'un axe vertical. La famille des fabacées rassemble les haricots, les fèves, les lentilles, le pois, les doliques, le tephrosia, le mucuna, le soja, le niébé, l'arachide, etc.

528 Quelques légumineuses caractéristiques

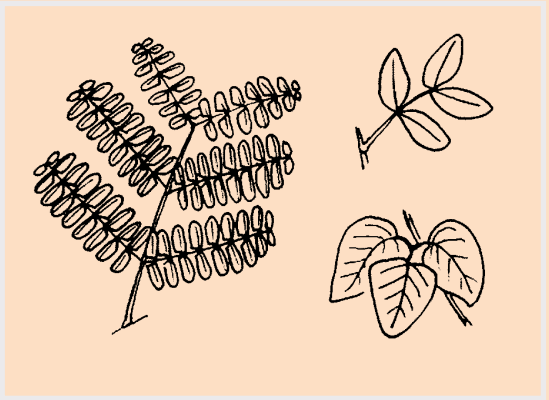
Les fleurs







Les feuilles



Les gousses

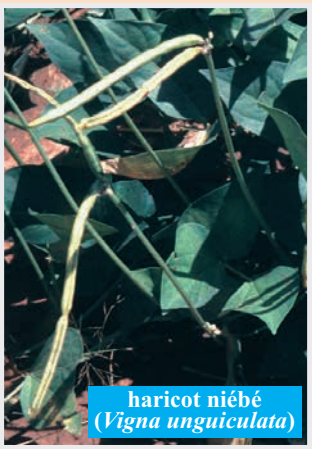












Quelques espèces de légumineuses

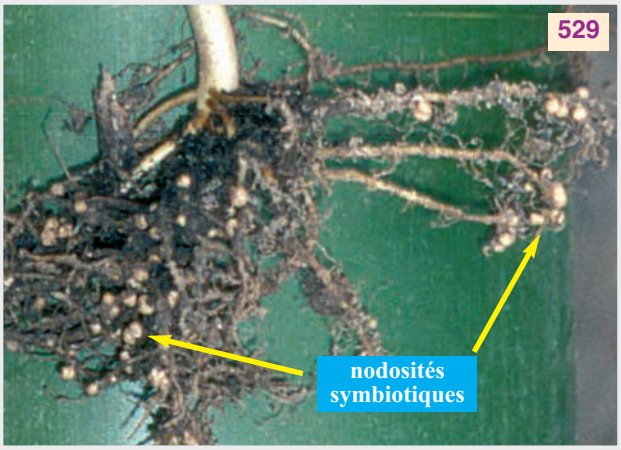
Alimentaires: arachide, haricot, niébé vert, soja, pois voandzou, dolique. ***Fertilitaires***: puéraria, centrosema, mucuna, desmodium, derris, téphrosia, calopogonium. ***Fourragères***: stylosanthes, mucuna, puéraria. ***Arborescentes:*** acacias, néré, cassia, leucena, prosopis, tamarinier, mimosa, tetrapleura.

De nombreuses espèces de légumineuses ne présentent pas d'intérêt direct pour l'agriculture.

- ♣ les fleurs des **MIMOSACÉES** sont rassemblées en sortes de pompons colorés. On trouve dans cette sous-famille le néré, les acacias, le caroubier, le mimosa, l'albizzia, le calliandra, etc.
- ♣ les fleurs des espèces classées dans la sous-famille des **CÉSALPINACÉES** sont généralement plus grandes et sont rassemblées sur un axe floral. On y trouve le flamboyant ou le cassier.

Fixation symbiotique de l'azote de l'air

Beaucoup d'espèces de légumineuses se caractérisent par la présence de **NODOSITÉS sur les racines**. On les voit par exemple sur la photo **529**, à la base d'un pied de haricot. Les nodosités sont des organes où les cellules de la plante sont associées à des bactéries du sol appelées *Rhizobium*. Ces bactéries sont capables de capter l'azote de l'air se trouvant dans le sol et de le mettre à la disposition de la plante. Il existe donc une **SYMBIOSE** entre la plante et la bactérie.



Nodosités symbiotiques sur des racines de haricot

Beaucoup d'espèces de légumineuses sont utilisées comme engrais verts grâce à cette faculté symbiotique (chapitre 36).

Quelles sont les espèces végétales les plus importantes que nous cotoyons dans notre milieu? Quels sont leurs noms scientifiques? Quels sont leurs rôles dans l'économie familiale? Quelles sont les caractéristiques botaniques et morphologiques qui sont importantes pour les pratiques culturales? Quelles sont les légumineuses les plus utiles que nous rencontrons dans le milieu?



Chapitre 23
Les plantes et leurs organes

Les organes des plantes

Dans le tableau **530**, nous relevons **quatre types d'organes** chez les plantes:

- ✣ les **tiges,** troncs, branches et rameaux qui soutiennent les autres parties aériennes et permettent aux aliments de circuler. Il existe aussi des tiges souterraines appelées rhizomes,
- ✣ les **feuilles** qui fabriquent les aliments complexes dont la plante a besoin,
- ✣ les **fleurs**, **fruits** et **graines** qui servent à la reproduction sexuelle de la plante,
- ✣ les **racines** qui puisent la nourriture et l'eau dans le sol.

Pour fabriquer leurs tissus, les plantes exploitent le milieu. Il y a **trois principales sources d'approvisionnement**:

- ➤ le **sol**
- ➤ l'**air**
- ➤ le **rayonnement solaire**.

Le sol est exploité par les racines. Nous étudierons au chapitre 35 ce que les racines puisent dans le sol, et comment. Nous verrons au chapitre 29 comment les plantes utilisent l'énergie lumineuse. Ci-après, parlons des feuilles et de leur rôle dans la vie des plantes et la façon dont elles prélèvent l'air.

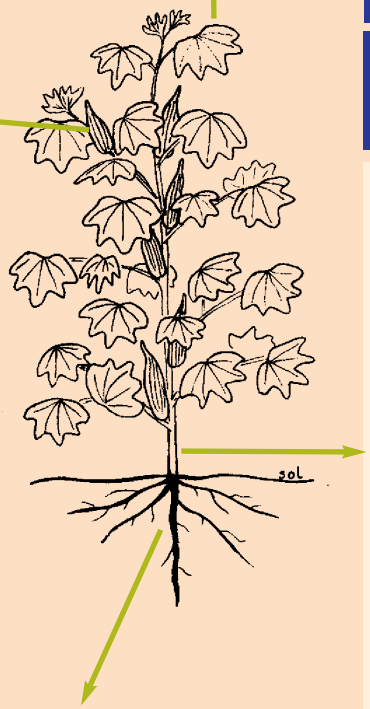
530 A quoi servent les différentes parties des plantes?

3 les **feuilles**

- Les feuilles sont la **cuisine des plantes**. C'est dans les feuilles que la plante transforme la sève non élaborée, qui est composée d'eau et de sels minéraux, en sève élaborée, qui est composée des sucres, des graisses, des protéines qui forment la matière vivante de la plante.
- Pour réaliser cette transformation, **la plante utilise l'air et la lumière**.
- Les feuilles de la plante **respirent**: elles puisent de l'air dans leur milieu, et y renvoient de l'air.
- Les feuilles **transpirent**: elles envoient de la vapeur d'eau dans l'air.

4 les **fleurs**, les **fruits**, les **graines**

- Les **graines** sont les parties qui **reproduisent la plante**.
- Les **fruits** sont formés à partir des fleurs.
- Les **fruits nourrissent les graines**. Les fleurs, les fruits et les graines sont nourris par la sève élaborée qui leur est envoyée par les feuilles, à travers les rameaux, les branches et le tronc.



2 les **tiges**, les **troncs**, les **branches**, les **rameaux**

- Les tiges, troncs, branches et rameaux forment, avec les feuilles et les fruits, la **partie aérienne** de la plante.
- Les tiges forment la **charpente** de la plante. Elles soutiennent les feuilles, les fleurs et les fruits. Chaque plante a sa charpente ou son **port** propre.
- Les tiges, branches, troncs, rameaux sont, comme les racines, parcourus de très fines canalisations ou **vaisseaux**. Certaines conduisent la **sève non élaborée** qui vient des racines, vers les feuilles. D'autres conduisent la **sève élaborée** préparée dans les feuilles, vers les fleurs, les fruits, les racines.
- Les tiges peuvent, comme les racines, contenir des **réserves** d'aliments pour la plante.

Commençons la lecture du tableau par ici et suivons les flèches

1 les **racines**

- Elles forment la **partie souterraine** des plantes.
- Les racines **fixent la plante** dans le sol.
- Elles **puisent l'eau et les aliments** du sol à travers les "poils racinaires".
- Elles peuvent aussi **rejeter des déchets** dans le sol.
- Elles servent parfois de "grenier": la plante peut y faire des **réserves** (c'est le cas des plantes à tubercules comme le manioc, l'igname, la carotte, etc.).
- Les racines contiennent de très fins **vaisseaux** qui conduisent l'eau et les aliments puisés dans le sol vers les tiges, à travers le **collet**.

Les feuilles

Les feuilles, cuisines des plantes

Pour comprendre le rôle des feuilles, prenons une image. Une ménagère qui désire préparer un repas doit disposer d'aliments, de condiments, d'eau et d'énergie pour la cuisson. Lorsque manque l'un des éléments, elle n'arrive pas à préparer des plats de qualité satisfaisante pour la santé des mangeurs.

Il en va de même pour les plantes: faute de lumière, elles ne peuvent élaborer la sève dans leurs feuilles. Il leur faut aussi des aliments, certains en quantités importantes, d'autres en petites quantités. Référons-nous au tableau **532** pour une première explication.

Les échanges gazeux

Principalement au niveau des feuilles, mais aussi à celui des autres organes, les plantes échangent des gaz avec le milieu extérieur. Il y a deux types d'échanges gazeux:



Constater la transpiration des feuilles en les enfermant dans une pochette en plastique

- la **RESPIRATION** permet d'absorber l'**oxygène** et le **carbone** qui sont les principaux composants chimiques des tissus végétaux (avec l'azote qui, en majeure partie, provient du sol);
- la **TRANSPIRATION** est un échange de **vapeur d'eau** entre la plante et l'air. Une partie de l'eau puisée dans le sol traverse la plante en y transportant les éléments cités au tableau **532**. Elle est transpirée à la surface des feuilles. De l'eau est également fabriquée par la plante elle-même au cours de sa photosynthèse, et peut être, elle aussi, transpirée.

Respiration et transpiration se font à travers les **STOMATES** (**533**). Ce sont des ouvertures à la surface des feuilles.

S'il est difficile de visualiser la respiration, la transpiration par contre peut être constatée simplement en enfermant un rameau dans un sachet transparent

532 Comparons la feuille à la marmite d'une ménagère

Voici les aliments et les condiments

Il y a des **aliments puisés dans l'air**:

⇨ l'**oxygène**

⇨ le **gaz carbonique**

⇨ **l'azote** (il n'est utilisé que pour certaines plantes)

Il y a des **aliments pris dans le sol**:

⇨ l'**eau**

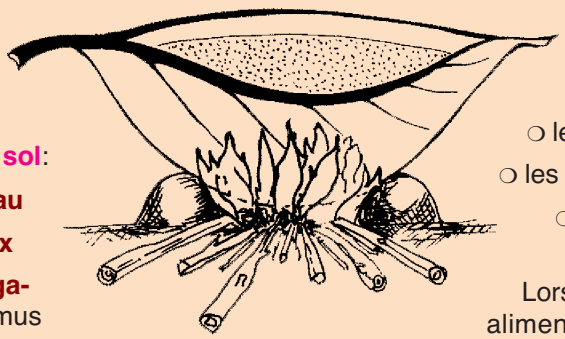
⇨ les **sels minéraux**

⇨ diverses **substances organiques** puisées dans l'humus

Ces aliments arrivent aux feuilles sous forme de **sève non élaborée**.

Il faut de l'énergie

C'est la **lumière du soleil qui fournit l'énergie** nécessaire à la préparation des aliments.



Il y a un **élément spécial** que l'on trouve dans les feuilles: la **chlorophylle**. C'est la substance qui donne aux feuilles leur couleur verte. Elle utilise l'énergie lumineuse pour transformer le carbone et l'oxygène de l'air en sucres.

Voici les produits préparés:

❍ les **sucres**

❍ l'**amidon**

❍ les **graisses**

❍ les **protéines**

❍ les **vitamines**

❍ les **substances de croissance**.

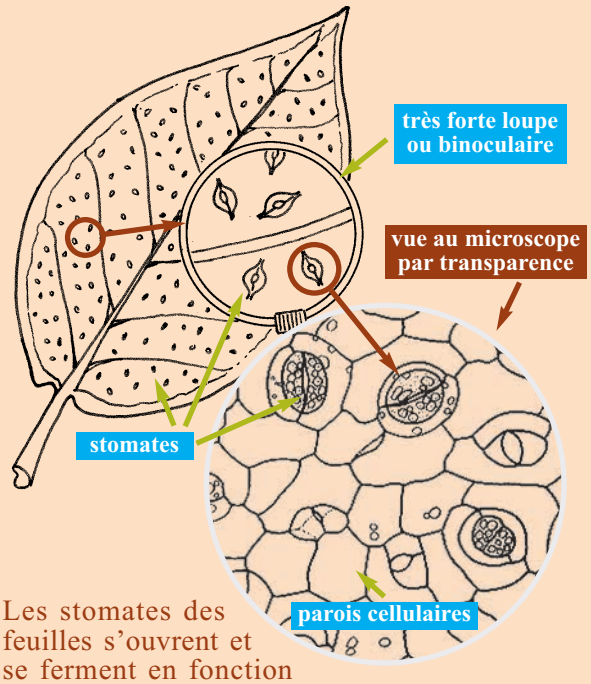
Lorsqu'ils sont prêts, les aliments sont envoyés à travers les tiges dans toutes les parties de la plante et en particulier dans les fruits, les graines et les racines, sous forme de **sève élaborée**.

Dans les tiges et les pailles, ces produits peuvent encore être transformés en **cellulose** ou en **bois**.

(531). Il faut peu de temps pour voir se former à la surface intérieure du sachet des gouttelettes d'eau provenant de la transpiration des feuilles.

533 *Comment les plantes respirent et transpirent*

Les stomates sont les ouvertures très nombreuses qu'on peut apercevoir à la surface des feuilles avec une très forte loupe ou un microscope. Ils sont comme des bouches qui s'ouvrent et se ferment pour laisser entrer ou sortir de l'air selon les besoins de la plante ou les conditions du climat.



Les stomates des feuilles s'ouvrent et se ferment en fonction des circonstances:

- ✔ lorsque le soleil brille durant la journée, les stomates sont ouverts;
- ✔ lorsque la plante a très chaud et qu'elle trouve beaucoup d'eau dans le sol, les stomates s'ouvrent largement. La plante est alors très active pour le développement de ses feuilles, fleurs, tiges et fruits;
- ✔ lorsque la plante souffre d'un manque d'eau, les stomates se ferment;
- ✔ lorsque l'eau transpirée à travers les stomates s'évapore dans l'air, elle rafraîchit les organes de la plante, comme l'eau qui s'évapore à la surface de la peau de l'homme.

Ce que les feuilles fabriquent

Les racines puisent dans le sol de l'eau qui contient des sels minéraux et des éléments organiques dissous. Le mélange remonte vers les feuilles sous forme de **SÈVE NON ÉLABORÉE**. Cette sève non élaborée va être "cuisinée" en mélange avec les éléments gazeux que les feuilles trouvent dans l'air ambiant.

La **CHLOROPHYLLE** est une substance verte qui permet de combiner les éléments "bruts" provenant du sol ou de l'air, grâce à l'énergie solaire, et de fabriquer la **SÈVE ÉLABORÉE**. C'est une nourriture complète qui va être distribuée dans toute la plante, selon les besoins de son développement. La "cuisine" qui se fait dans les feuilles est appelée **SYNTHÈSE CHLOROPHYLLIENNE** ou **PHOTOSYNTHÈSE**.

Pour que le développement de la plante ait lieu, il faut nécessairement:

- ❒ que les feuilles soient bien approvisionnées en **sève brute non élaborée**, à partir du sol;
- ❒ qu'elles respirent à l'aise, pour pouvoir s'approvisionner en **éléments gazeux** dans l'air ambiant;
- ❒ qu'elles disposent de l'**énergie** lumineuse nécessaire;
- ❒ qu'elles puissent **faire circuler** la sève élaborée vers les autres organes de la plante.


534

*Chez certaines plantes, le rôle de la chlorophylle est joué par des **anthocyanes** rouges.*

Une part importante des pratiques agricoles consiste à créer des conditions satisfaisantes de ces quatre points de vue.

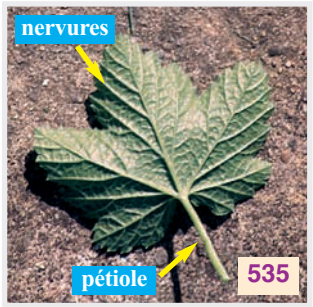
Les rayons du soleil **éclairent** et **échauffent**. Ils transmettent leur énergie aux objets qu'ils frappent, et en particulier aux feuilles des végétaux.

Les feuilles n'utilisent qu'une petite partie de l'énergie solaire qui les frappe, pour faire leur photosynthèse. Ce qu'elles n'emploient pas est transformé en chaleur, comme dans tous les objets frappés par les rayons, qu'ils soient vivants ou inertes (le sol par exemple, ou l'eau d'un lac). Si les plantes restent assez fraîches malgré la forte insolation, c'est grâce à l'eau qu'elles transpirent. C'est elle qui absorbe l'énergie solaire en s'évaporant. Si la plante ne trouve plus d'eau dans le sol, la transpiration s'arrête, la température des feuilles s'élève éventuellement jusqu'au flétrissement et à la mort.

Tiges, branches, rameaux, pétioles, nervures

Les tiges, branches et rameaux **supportent les organes aériens des plantes** et **conduisent les sèves**, brute ou élaborée, d'une partie à l'autre de la plante, en fonction des besoins. Les **NERVURES** qu'on voit sur les feuilles sont la prolongation des rameaux. Elles irriguent les feuilles en sève brute et drainent la sève élaborée dans les feuilles vers les autres organes de la plante. C'est aussi sur les tiges, plus particulièrement sous l'écorce, que se forment les **bourgeons** foliaires et floraux.

Les sèves se déplacent à travers une multitude de très fines canalisations ou **VAISSEAUX**, peu visibles à l'œil nu, qu'on trouve dans les racines, le bois, l'écorce, les rameaux et les nervures. Ces vaisseaux fonctionnent à sens unique. **Certains sont consacrés à la montée de la sève brute, d'autres à la circulation de la sève élaborée**.



Si les vaisseaux se bouchent ou sont coupés, le développement de la plante est freiné ou interrompu. Cela se passe par exemple lorsqu'une bactérie occupe les vaisseaux chargés de faire remonter la sève brute, ou lorsqu'on blesse l'écorce chargée de redistribuer la sève élaborée vers les racines.

Le tableau **536** explique comment l'eau et les éléments qu'elle contient circulent constamment dans les tiges, depuis les racines jusqu'au bout des feuilles, des fleurs ou des fruits. (Certains éléments du tableau seront expliqués dans des chapitres ultérieurs). Il se peut que tout se passe bien pour la plante, mais des **accidents** peuvent aussi se produire:

✔ **la plante ajuste sa croissanc**e en fonction de l'eau disponible dans le sol. S'il en manque, la croissance s'arrête pour un temps plus ou moins long. Elle reprend quand l'eau est à nouveau disponible. Si l'eau continue de manquer, la plante dépérit. Certaines espèces de plantes résistent longtemps au manque d'eau, d'autres par contre sont très sensibles et meurent rapidement;

536 *L'utilité et les mouvements de l'eau dans les plantes*

l'eau puisée par les racines joue plusieurs rôles dans la plante:

- ♣ elle **transporte les sels minéraux**,
- ♣ elle est nécessaire pour **transformer** les "condiments" contenus dans la sève non élaborée, en "plats préparés" (sève élaborée),
- ♣ elle sert à **maintenir rigides** les feuilles et les tiges: les plantes flétrissent lorsqu'elles manquent d'eau,
- ♣ elle est nécessaire pour la **croissance des bourgeons et des rameaux,**
- ♣ elle **nourrit les tout jeunes fruits** (nouaison),
- ♣ en s'évaporant à la surface des feuilles, elle les **rafraîchit,**
- ♣ elle **transporte les** "plats préparés" depuis les feuilles vers les fruits, les tiges, les racines.

4

3

♣ les feuilles utilisent la sève non élaborée et les "condiments" qu'elle contient. Mais **une partie de l'eau est évaporée dans l'air à travers les stomates**.



2

♣ **la sève non élaborée est poussée** par les racines **vers les parties aériennes** de la plante, à travers les canalisations que l'on appelle **vaisseaux**. Elle est aussi aspirée par l'activité des feuilles.

1

♣ **les racines pompent dans le sol l'eau et les sels minéraux** qu'il contient. Ce sont les **poils racinaires** qui font ce travail. Eau et sels minéraux forment ensemble la sève non élaborée.

Commençons la lecture du tableau par ici et suivons les flèches

- ✔ s'il fait chaud et sec, la plante peut transpirer plus d'eau qu'elle n'arrive à en puiser dans le sol. Il y a alors **FLÉTRISSEMENT** plus ou moins permanent (537);
- ✔ si des **bactéries** ou des **champignons** pénètrent dans les organes de la plante, ils peuvent les **obstruer** ou les détruire, ce qui empêche la distribution de la sève (538);
- ✔ si le sol est très salé, les racines ont des difficultés à capter l'eau. Elles sont parfois **empoisonnées** par le sel. Leur développement est ralenti.

L'agriculteur doit tenir compte de ces perturbations éventuelles, et agir en conséquence. Nous verrons comment par la suite (chapitre 36).



Flétrissement permanent d'un pied de gombo dû au manque d'eau



Ce flétrissement est dû à l'envahissement et au bouchage des vaisseaux par un champignon du nom de Verticilium dahliae.

Les fleurs

Les fleurs sont des organes très caractéristiques des plantes. Il en existe toutes sortes de formes, de couleurs, de dimensions, de dispositions sur les plantes. Ces éléments sont essentiels à la classification systématique des espèces.

Mais **le rôle essentiel des fleurs est la reproduction sexuée** de l'espèce et la production de graines.

Caractéristiques florales

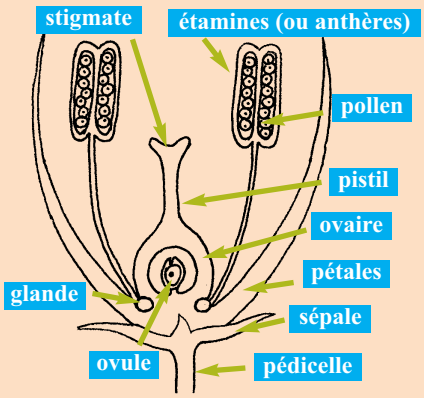
Les fleurs se composent de plusieurs parties, les unes sexuelles, les autres fonctionnelles. Parlons d'abord de ces dernières.

Des parties fonctionnelles

Lorsqu'on observe des fleurs fraîchement ouvertes, on peut y trouver plusieurs parties plus ou moins largement développées. La figure 539 présente schématiquement ces parties.

- ♣ Les **PÉTALES**, plus ou moins colorés, entourent les organes sexués. Ils les **protègent** au moment de la floraison et de la fécondation. Parfois, ils prennent des couleurs éclatantes qui **attirent** les insectes pollinisateurs. Lorsque les pétales sont soudés entre eux sur une certaine longueur, pour former un tube, on parle de **COROLLE**.
- ♣ Les **SÉPALES** sont des parties qui se présentent sous les pétales. Certaines fleurs n'en ont pas. Le plus souvent, les sépales sont verts comme les feuilles, mais il se peut aussi qu'ils soient très colorés, ce qui attire les insectes.
- ♣ Des **GLANDES** produisant des sucs plus ou moins odoriférants entourent parfois les ovaires. Ces sucs attirent les insectes butineurs qui s'en nourrissent. En parcourant les fleurs pour capter les sucs, ces insectes pollinisent la fleur en y déposant les grains de pollen qu'ils transportent sur leur corps, à leur insu.

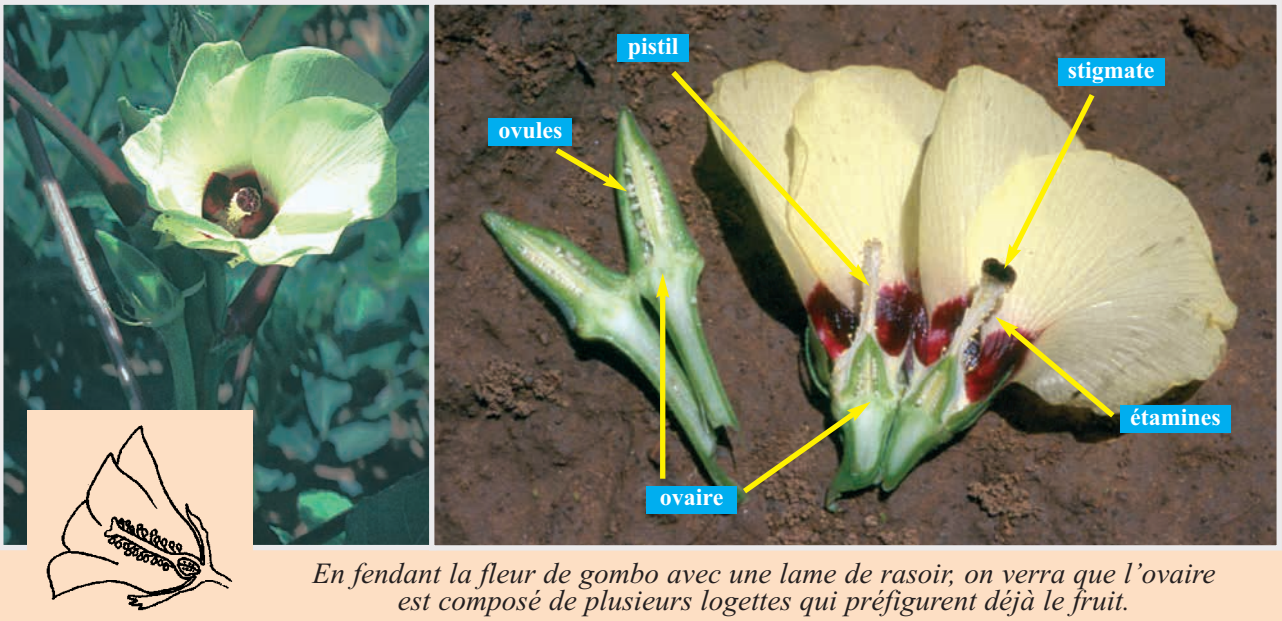
539 Composition des fleurs



Les caractéristiques des fleurs sont des critères importants de la classification scientifique des espèces végétales. La diversité des organes de reproduction sexuée est immense. La consultation d'une flore permet de s'en rendre compte.

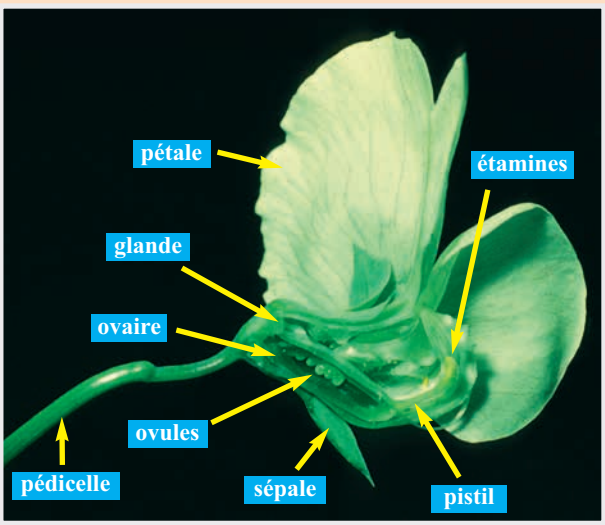
Notes

540 Fleur du gombo

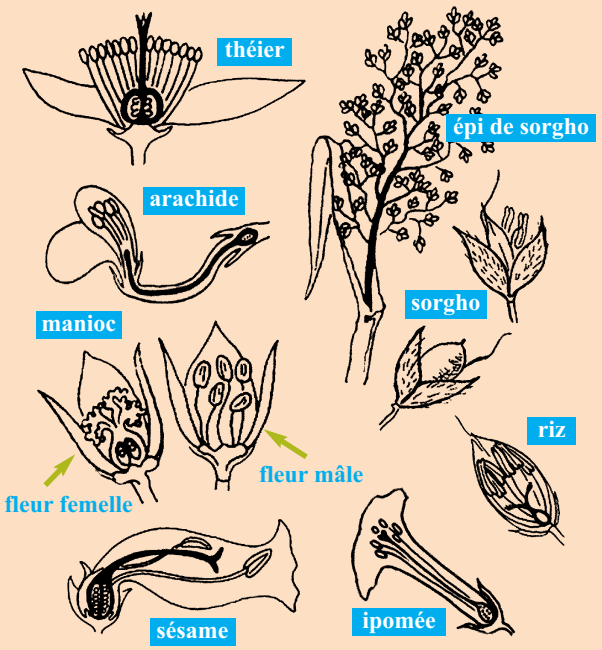


En fendant la fleur de gombo avec une lame de rasoir, on verra que l'ovaire est composé de plusieurs logettes qui préfigurent déjà le fruit.

541 Fleur de pois



542 Quelques types de fleurs



Fleurs et inflorescences

Les fleurs sont portées **individuellement ou par groupes** sur les tiges et les rameaux de la plante. Le gombo, le ricin, l'anacardier, le neem, le jujubier, sont dans ce cas. Lorsqu'on coupe un rameau florifère, d'autres peuvent apparaître sur le pied (543, 544).

Les fleurs peuvent aussi être disposées sur des **hampes florales** spécialement développées pour porter les fleurs. C'est le cas de l'oignon (545), de l'ail, du sisal, du bananier (546). Si on rompt ou on coupe la hampe, le pied ne produira pas d'autre inflorescence.

Elles peuvent apparaître sur des **coussinets floraux**, comme sur le cacaoyer, ou sur des **rameaux florifères**, comme ceux du pommier (550). Si les rameaux florifères sont abîmés, par exemple au moment de la





Si on coupe les inflorescences du ricin, à gauche, ou de l'anacardier, à droite, d'autres inflorescences apparaissent sur la tige.





Si la hampe florale d'un pied d'oignon ou de bananier est coupée, aucune autre inflorescence ne repoussera.



Les fleurs du jujubier Ziziphus mauritiana se développent par petits groupes à l'aisselle des feuilles.

récolte des fruits, la floraison et la fructification sont compromises. Il faut alors attendre la saison suivante pour que de nouveaux coussinets ou rameaux florifères apparaissent.

Lorsque les fleurs sont groupées, on parle d'**INFLORESCENCE**. Il en existe de toutes sortes, comme nous l'avons vu au tableau **519**: **grappes**, **ombelles**, **épis**, **capitules**, **glomérules**, etc. On utilise les flores spécialisées pour reconnaître les divers types d'inflorescences.

Il ne faut pas confondre fleurs et inflorescences. L'inflorescence en capitule du tournesol (**551**), les épis du sorgho (**552**), par exemple, comprennent de très nombreuses fleurs qui, chacune, seront fécondées et développeront une graine.

Localisation des fleurs et périodicité des floraisons

Celui qui veut pratiquer l'agriculture ou l'arboriculture visant la production de fruits et de graines doit nécessairement **observer avec beaucoup d'attention**:

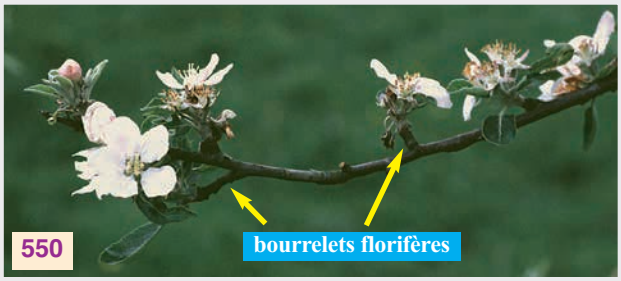
- ⇨ la **localisation** et la façon dont les fleurs se développent **sur la plante** de l'espèce cultivée,
- ⇨ la **périodicité** des floraisons.



Les grappes de fleurs de la tomate apparaissent sur les tiges, en dessous des feuilles.



Les fleurs du melon (Cucumis melo) se développent individuellement à l'aisselle des feuilles.



Rameaux florifères du pommier. C'est eux qui produisent des bourgeons floraux chaque année.





Capitule du tournesol et épis de sorgho en floraison. Les centaines de petites fleurs composant ces inflorescences devront être pollinisées pour produire leurs grains.

De ces caractéristiques dépendent de nombreuses pratiques culturales, et en particulier celles qui consistent à contrôler le nombre de fleurs qui développeront des fruits. Il se peut en effet qu'un pied ayant abondamment fleuri n'arrive pas à nourrir correctement tous ses fruits. Mieux vaut alors limiter la floraison par des tailles de production adaptées.

Les observations sur la localisation des fleurs et la périodicité des floraisons sont **nécessaires pour déterminer les tailles de production**, en agriculture fruitière ou maraîchère.

La taille du caféier, par exemple, se fait avec deux objectifs:

- **provoquer l'apparition de bois jeune**, au cours d'une année,
- **afin qu'il produise de nombreuses fleurs** au cours de la deuxième année.

On veille donc toujours, par des tailles adéquates, à renouveler des rameaux d'un an, afin de garantir la production de fleurs et de fruits.

Le tableau **556** relève quelques-uns de ces points d'observation.

On trouve de nombreux détails relatifs aux pratiques agricoles et aux **tailles productives liées à la floraison** dans le livre *"Jardins et vergers d'Afrique"*. Selon les cas, elles visent:

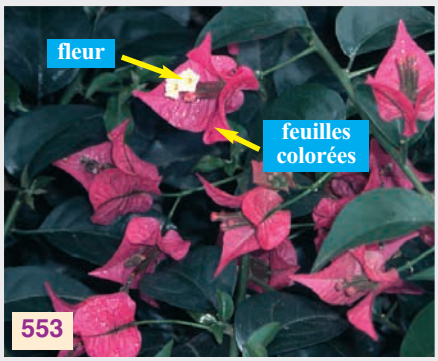
- à **encourager le bourgeonnement floral** pour obtenir de nombreux fruits,
- ou au contraire à **limiter le nombre de fleurs** qui se développeront en fruits, afin que ceux-ci bénéficient d'une meilleure alimentation en sève élaborée que s'ils étaient plus nombreux,
- à **encourager saisonnièrement le développement de bois florifère** et à le renouveler régulièrement.

Vraies fleurs, fausses fleurs

Les plantes utilisent toutes sortes de stratagèmes pour attirer les insectes par la vue ou l'odorat. Souvent, ce sont des pétales colorés qui attirent les insectes, comme dans le cas du ricin (**543**) ou du lantana (**554**).

Parfois, ce sont d'autres organes de la fleur qui sont développés pour attirer les insectes. Chez le tournesol, les fleurs sont minuscules mais elles sont serrées sur une sorte de plateau appelé **PANICULE** (**551**). Une large couronne jaune se développe tout autour pour se signaler aux insectes. Le bougainvillée, lui aussi, s'est arrangé pour colorer de larges feuilles attirant les insectes autour de ses petites fleurs (**553**). Notons cependant que celles-ci sont le plus souvent stériles.

Le but des parures florales est toujours le même: les insectes, attirés par la fleur et les sucs qu'elle contient, viennent s'y agiter et transportent les grains de pollen vers les pistils de la fleur où ils se déplacent.



Fausses fleurs du bougainvillée. Les feuilles colorées entourant les fleurs attirent les insectes.



Par son odeur forte, le lantana attire certains insectes et en repousse d'autres.

La reproduction sexuée

Les fleurs sont à l'origine des fruits et des graines d'une plante. C'est dans les fleurs que se fait la **REPRODUCTION** sexuée. Elles produisent des **OVULES** femelles et du **POLLEN** mâle qui, en se combinant lors de la fécondation, donnent des graines.

Très schématiquement, la figure **539** indiquait les différentes parties qu'on peut trouver dans une fleur. Mais la variabilité est très grande. Selon les espèces, les parties sont plus ou moins développées. Les parties sexuelles sont toujours présentes, mais les parties non sexuelles comme les pétales ou les sépales peuvent être très réduites ou quasi absentes.

Les organes sexuels

Les illustrations **539** à **541** décrivaient en détail les différentes parties composant les fleurs, qu'elles soient fonctionnelles ou sexuelles. Relevons ici les **organes spécifiquement sexuels**.

✤ Les **ÉTAMINES** ou **ANTHÈRES** sont les organes sexuels mâles. Ils produisent les grains de pollen. On les trouve soit sur la même fleur que les ovaires, soit sur des fleurs différentes.



Chez le caféier, les fleurs et les fruits apparaissent sur les rameaux d'un an ou de deux ans, jamais sur les rameaux de l'année.

556 0ù et quand poussent les fleurs

Localisation des fleurs sur les pieds

- ✓ sur une seule hampe florale (oignon, bananier, laitue)
- ✓ sur plusieurs hampes florales partant du cœur de la plante (pyrêtre, pois de terre)
- ✓ sur des hampes florales partant de l'aisselle des feuilles (pois, tomate)
- ✓ à l'aisselle des feuilles (gombo), ou à celle des rameaux (courge)
- ✓ à l'aisselle des jets foliaires
- ✓ sur des rameaux florifères (ricin, pommier) ou des coussinets (cacaoyer) poussant directement sur le bois des tiges ou des rameaux
- ✓ sur des rameaux aoûtés âgés d'un an (caféier)

Périodicité des floraisons

- ✓ une fois par année (avocatier, agrumes) ou par saison (sorgho, arachide, coton)
- ✓ plusieurs fois par an
- ✓ en toutes périodes du cycle de vie, si les conditions climatiques s'y prêtent (tomate)
- ✓ tous les deux, trois ans ou plus
- ✓ sur des rameaux aoûtés âgés d'un an (caféier)
- ✓ au hasard de circonstances microclimatiques particulières (orchidées)

✤ Au cœur de la fleur, on trouve toujours un ou plusieurs **OVAIRES**. L'ovaire est le "ventre" qui va engendrer les ovules; ceux-ci se développeront en graines. Si on l'observe en détail, avec une loupe, on constate que l'ovaire, ou le groupe d'ovaires, a déjà la forme du futur fruit.

✤ L'ovaire est surmonté d'un **PISTIL**, terminé par le **STIGMATE**. Ils sont plus ou moins fins ou charnus. Ils servent à capter les grains de pollen et à les conduire vers les ovules.

✤ Un ou plusieurs **OVULES** sont fixés sur les parois de l'ovaire. Ce sont les œufs de la plante. Pour qu'une **GRAINE** se forme, il faut que le contenu d'un grain de pollen pénètre dans l'ovule pour le féconder.

✤ En grandissant, l'ovaire devient un **FRUIT**, alors que chaque ovule fécondé peut devenir une graine. Certains fruits ne contiennent qu'une graine (l'avocat, la mangue), d'autres beaucoup (le gombo ou la papaye, la goyave, le sésame) ou simplement deux ou trois, (l'arachide, le café). Nous étudierons la composition des graines au chapitre 23.

Pollinisation et fécondation

C'est le pollen d'une espèce qui féconde les ovules se trouvant dans l'ovaire des fleurs de la même espèce. Les grains de pollen qui tombent sur le pistil développent des excroissances appelées **TUBES POLLINIQUES** qui s'orientent avec empressement vers les ovules. Ils y pénètrent et y déversent le contenu génétique du grain de pollen. C'est la **FÉCONDATION**. Il y a une grande concurrence entre les grains qui désirent atteindre les ovules. Mais dès qu'un premier grain a fécondé un ovule, celui-ci ne peut plus être fécondé par d'autres grains. La figure **557** montre schématiquement comment cela se passe.

Le nombre d'ovules contenus dans l'ovaire d'une fleur dépend de l'espèce. Certaines n'en contiennent qu'un seul par fleur, d'autres quelques-uns ou un grand nombre. Dans ce dernier cas, chaque ovule doit être fécondé par un grain de pollen pour qu'une graine se forme. Pour le maïs, par exemple, chaque grain provient d'une fleur fécondée.

Les tubes polliniques sont d'une extrême finesse. Ils doivent souvent s'allonger sur une longue distance dans le pistil, entre le stigmate où a été déposé le pollen et l'ovule. Cela demande beaucoup d'énergie. Le pistil traversé doit nécessairement être bien humide. Faute de pluie ou d'arrosage à ce moment crucial, **la sécheresse du pistil peut compromettre la fécondation** des fleurs. La période de floraison est donc toujours extrêmement sensible à l'humidité du sol et de l'air. La production de graines, et donc les rendements, en dépendent.

Autogamie et allogamie

On distingue les plantes autogames des allogames. La fécondation des ovules des plantes **AUTOGAMES** peut se faire par le pollen produit dans la même fleur ou sur la même plante. Il peut donc y avoir **AUTOFÉCONDATION** (**558**).

Le pollen d'une plante **ALLOGAME**, lui, ne peut féconder les fleurs de cette même plante. Il doit donc y avoir **FÉCONDATION CROISÉE**: l'ovule d'un pied est fécondé par le pollen d'un autre pied. Ou alors la fécondation ne peut se faire qu'**entre variétés différentes**. C'est ce qui justifie parfois qu'on doive semer ensemble, dans le même espace cultivé, deux ou plusieurs variétés d'une même espèce. Dans certains cas, un arbre fruitier d'une espèce allogame peut rester stérile malgré une floraison abondante, simplement parce qu'il n'y a pas de pied d'une autre variété dans les parages immédiats.

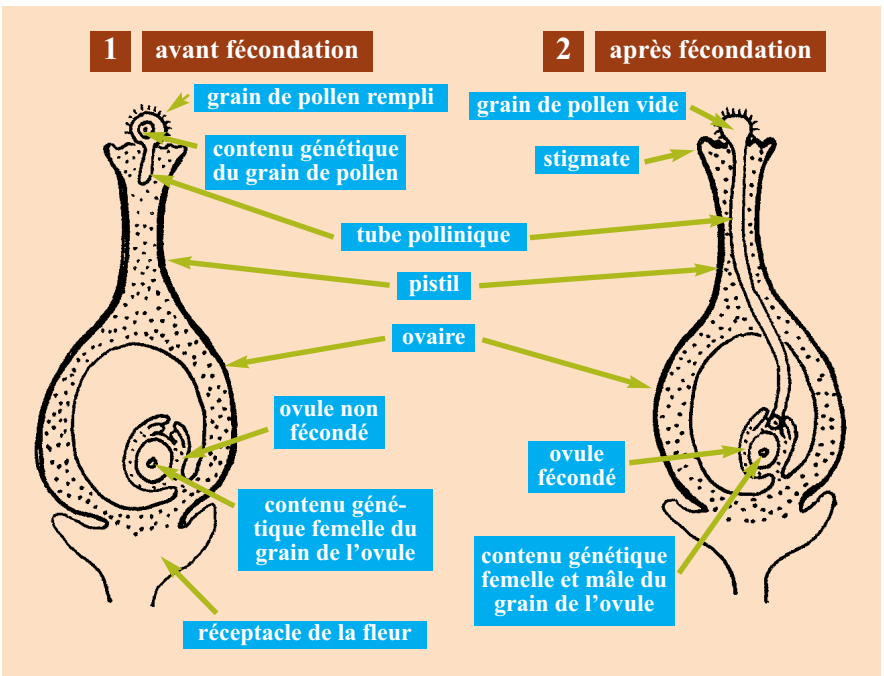
Pour les espèces allogames, ajoutons que, en culture, il faut veiller à ce que les fleurs de la variété qui va produire les fruits dans ses ovaires soient ouvertes à la même période que les fleurs qui fourniront le pollen. Si les périodes diffèrent, la fécondation risque de ne pas se faire. La superposition des phases de floraison des variétés allogames est donc à rechercher.

En l'absence d'informations sur le caractère autogame ou allogame des espèces, il est toujours prudent de faire cohabiter en culture au moins deux variétés, sinon plus.

Les facteurs et les agents de la pollinisation

A l'intérieur des fleurs, le pollen peut s'échapper des étamines et tomber simplement sur le pistil. Mais pour que la pollinisation se fasse, il faut souvent l'intervention de facteurs ou d'agents extérieurs à la fleur. Les principaux facteurs physiques sont l'**eau** qui s'écoule dans les fleurs, et le **vent**. Les principaux agents vivants transportant le pollen d'une plante à l'autre sont les **oiseaux** et les **insectes**.

557 ***Fécondation***



Le vent est efficace pour les espèces qui produisent beaucoup de pollen au moment où les pistils et les ovaires sont réceptifs. Mais une grande partie des grains est disséminée dans l'air et n'atteint pas les pistils. La pollinisation, dans ce cas, se fait au hasard.

Les papillons enfoncent leur trompe dans les fleurs. Cette trompe se couvre alors de grains de pollen qui seront laissés dans les fleurs explorées successivement (559).

Les insectes sont beaucoup plus efficaces. Ils parcourent les fleurs en tous sens. Des grains de pollen s'accrochent à leur corps et retombent plus loin sur d'autres fleurs. Certains insectes, comme les abeilles, exploitent le pollen pour nourrir leur couvin et leurs nymphes dans la ruche. Elles accrochent des paquets de pollen à leurs pattes (561). Leur dos, légèrement collant, accumule aussi des grains de pollen, qui seront déposés sur les pistils des fleurs successivement visitées (560).

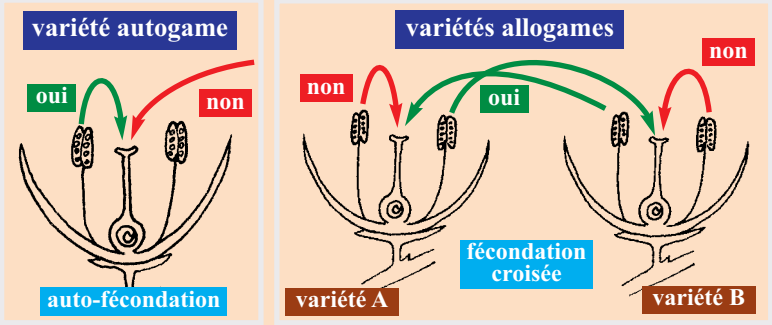
Lorsque les insectes disparaissent d'une plantation, on constate souvent la diminution de la production de fruits. Dans les plantations fruitières qui utilisent régulièrement des insecticides, il peut se faire que la production de fruits soit compromise faute d'insectes pollinisateurs.

L'homme peut faciliter la pollinisation. Cela se fait surtout en stations de recherche ou dans les grandes plantations fruitières industrielles. Les fleurs femelles d'une variété A, par exemple, sont secouées dans des sachets en papier afin d'en récolter le pollen. Au moyen d'une plume d'oiseau ou d'un petit plumeau, on va semer ce pollen sur les fleurs d'une autre variété B, en vue de s'assurer la production d'une semence hybride. C'est la **FÉCONDATION ARTIFICIELLE**.

Fleurs mâles, fleurs femelles

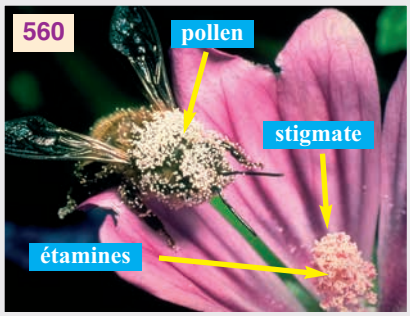
Certaines espèces végétales produisent des **fleurs mâles et des fleurs femelles différentes**, soit sur le même pied, comme le maïs (562 et 563), le ricin, la courge, le concombre, le palmier à huile, soit sur des pieds différents, comme le papayer (564 et 565). On trouve parfois les deux types de fleurs sur un même pied.

558 Autogamie et allogamie

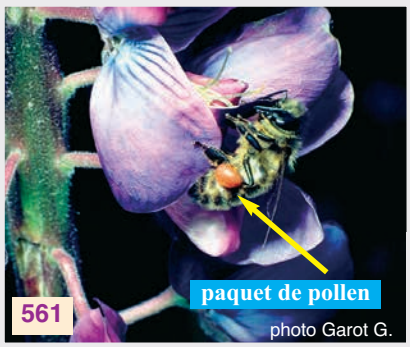




Les papillons enfoncent leur trompe dans les fleurs pour y sucer les sucs. Leur trompe et leurs pattes transportent du pollen d'une fleur à l'autre.



En butinant de fleur en fleur, les abeilles favorisent la pollinisation en transportant le pollen dont se nourrissent leurs nymphes.

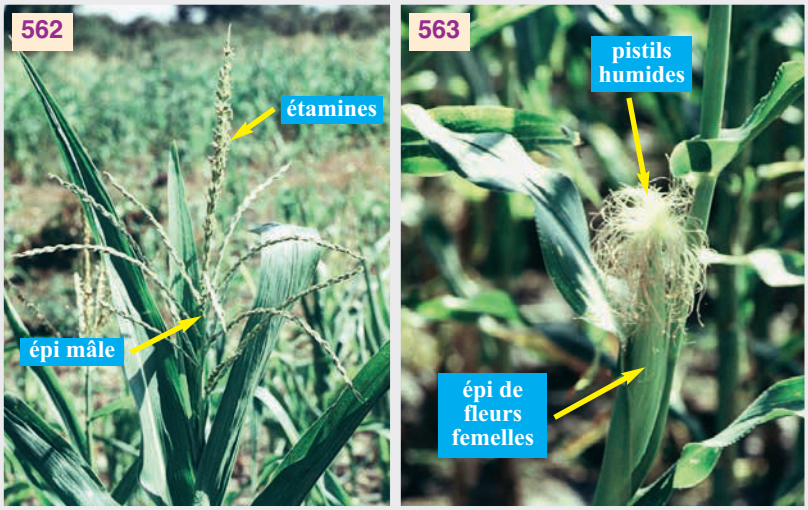


Les abeilles transportent sur leurs pattes des paquets de pollen destiné à nourrir leur couvin.

Les plantes dont les organes mâles (étamines) et femelles (ovaires) se trouvent dans la même fleur sont appelées **MONOÏQUES.** Celles qui développent séparément deux types de fleurs, l'une disposant des organes femelles, l'autre des organes mâles, sont appelées **DIOÏQUES**. La fécondation des plantes dioïques est toujours très dépendante de la présence d'agents transporteurs du pollen, et en particulier des insectes qui passent d'une fleur à l'autre.

Fleurs fécondes, fleurs stériles

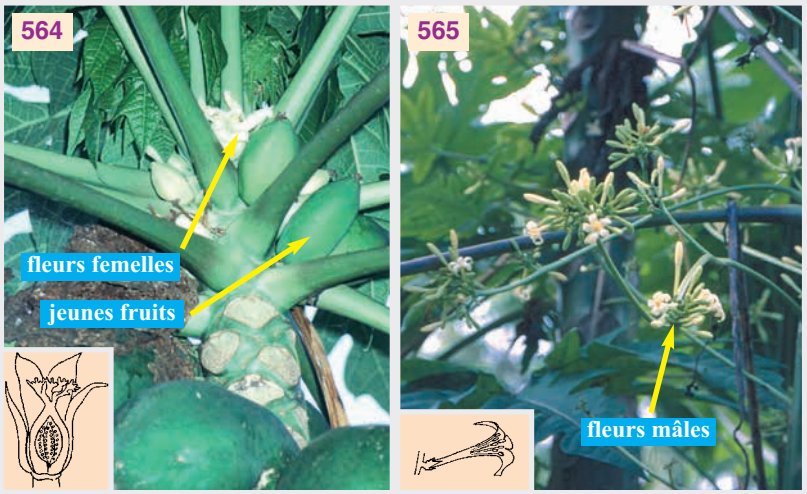
Certaines espèces produisent des fleurs qui, dans les circonstances normales, restent stériles. On pense par exemple à l'ananas, au fraisier, au manioc, au sisal, au bananier commun. On constate que ces espèces préfèrent se reproduire végétativement. L'ananas et le bananier se reproduisent par rejets, les fraisiers forment des stolons, le sisal produit des bulbilles sur ses hampes florales, le manioc se reproduit par boutures ou rejets au niveau des



Épis de fleurs mâles et femelles du maïs

Régime mâle et femelle du palmier à huile élaïs





Fleurs femelles et fleurs mâles du papayer

est réalisée, l'ovaire se met à gonfler, de même que les jeunes graines. La **NOUAISON** correspond exactement à cette phase de la naissance du fruit.

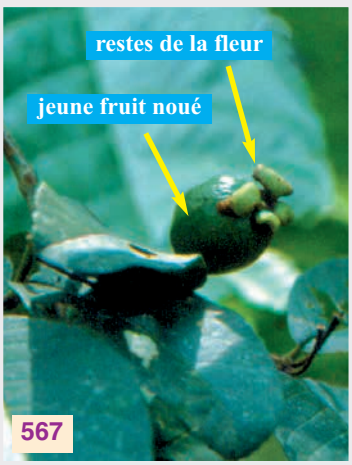
Au moment de la nouaison, le jeune fruit a besoin de beaucoup de sève élaborée pour se nourrir et grossir. Les besoins en eau de la plante sont élevés. Le sol doit donc être humide afin d'abreuver les racines. Lorsque la période de floraison et de nouaison est sèche, c'est l'ensemble de la production de graines qui est compromise. Nous reprenons ce point dans le chapitre 30 consacré aux besoins en eau des plantes.

tubercules. C'est comme si ces espèces avaient choisi la façon la plus efficace de se reproduire, sans se soumettre au hasard des mécanismes de la fécondation. Cependant, en stations de recherche, il est parfois possible de provoquer la fécondation de quelques fleurs, et donc de produire des graines.

Certaines espèces se reproduisent indifféremment par graines ou par semences végétatives. C'est le cas de la plupart des graminées vivaces.

Nouaison

Les organes sexuels des fleurs sont très sensibles, surtout pour ce qui est de l'eau. Nous avons vu que quand les grains de pollen se posent sur le pistil d'une fleur, celui-ci doit être humide et tendre, sans quoi la progression ne se fait pas. Dès que la fécondation des ovules





Nouaison de la goyave (à gauche) et de la courgette (à droite)

Les fruits

Les fruits sont les organes de la plante qui **contiennent les graines**. Très généralement, pour qu'il y ait un fruit, il faut que un ou plusieurs ovules aient été fécondés dans une fleur. Chez quelques espèces cependant, comme la plupart des bananiers cultivés (poyo, gros Michel, plantain), les fruits se développent malgré l'absence de graines fertiles.

Il existe des fruits de toutes les formes et de toutes les grosseurs. A maturité, certains sont secs, d'autres sont gorgés d'eau (569). Outre les graines, **on peut trouver dans les fruits**:

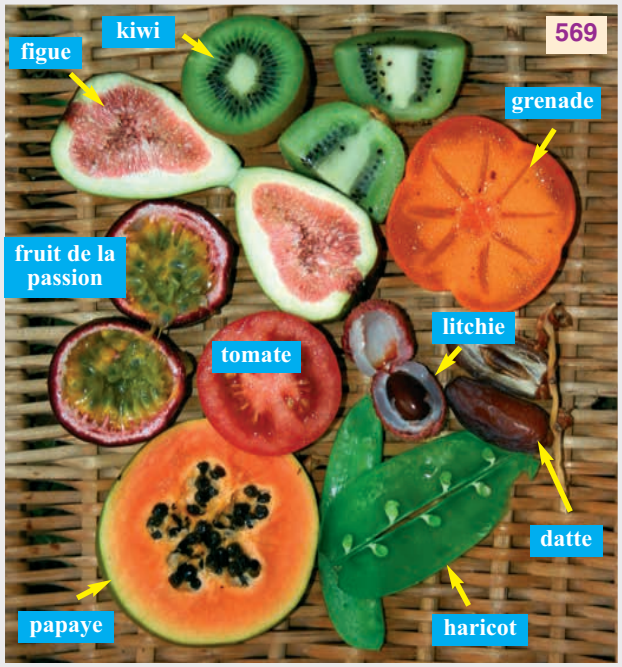
- des **farines** (baobab, néré,...)
- des **fibres** (coton, kapok, kénaf)
- de l'**huile** (palmier à huile, avocat, ricin)
- des **arômes** (vanille, tétrapleura, maniguette)
- du **lait** (cocotier, rônier)
- des **substances médicamenteuses**.

Tous ces éléments sont là pour nourrir les graines, les protéger ou favoriser leur dissémination.

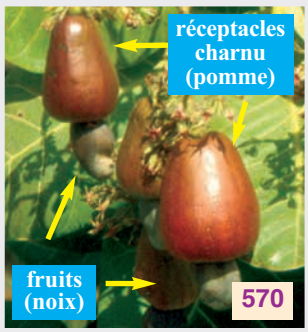
Vu sous l'angle de la dissémination, on distingue plusieurs sortes de fruits ou de graines. Les fruits **GRAVITAIRES** tombent simplement sous leur pied-mère (572). D'autres lancent leurs graines à distance. Il y a ceux qui, munis d'un plumeau, d'ailes ou de petits sacs d'air, se laissent emporter par le vent. Ce sont les **ANÉMOCHORES** (573). Ceux qui sont transportés par les animaux sont dits **ZOOCHORES**. Ils s'accrochent au pelage des animaux de passage, ou bien, ils sont avalés et ensuite excrétés à une certaine distance de leur pied-mère. Les oiseaux sont de très actifs agents de dissémination. Les **HYDROCHORES** sont les fruits légers qui flottent sur l'eau et se laissent emporter par elle.

Certains fruits sont secs à maturité, d'autres humides et charnus. Leurs formes sont nombreuses. On trouve leur description complète dans les flores.

On parle de **FAUX FRUITS** lorsque la plante développe un organe qui ressemble à un fruit, mais qui ne l'est pas vraiment. C'est souvent le pédicelle de la fleur qui se met à gonfler. La pomme cajou est un exemple typique. Son pédicelle rouge, gonflé, porte la noix (570). La fraise aussi est un faux fruit sur lequel sont disposées des graines stériles (571).

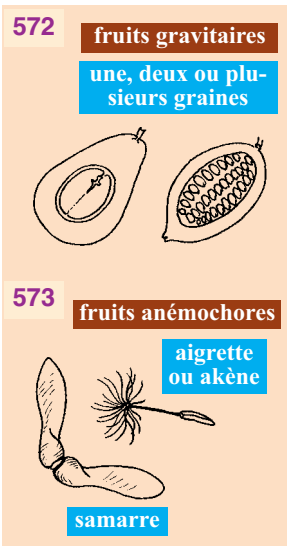


Structure de quelques fruits.





La pomme cajou et la fraise sont des faux fruits charnus dont le rôle est de nourrir les vrais fruits et les graines qu'elles portent.



Les graines

Constitution des graines

Les graines sont toutes constituées:

- d'un **TÉGUMENT** qui est l'enveloppe plus ou moins souple ou dure de la graine,
- d'un (ou de plusieurs) **EMBRYON**, ou **GERME**, qui comprend trois parties: la **RADICULE** est l'amorce de la racine, la **TIGELLE** est l'amorce de la tige, et les **GEMMULES** sont l'amorce des feuilles,
- de **réserves alimentaires** destinées à nourrir l'embryon au moment de sa croissance. Ces réserves peuvent être conte-

nues dans les **COTYLÉDONS** qui sont enserrés dans le tégument de la graine, ou encore dans l'**ALBUMEN** (qui donne la farine) qu'on trouve chez les plantes monocotylédones, en particulier chez les graminées et les céréales.

La photo **575** montre une graine d'avocatier dont les deux cotylédons ont été séparés. Remarquons le germe minuscule et sa radicule sur le cotylédon de droite. Sur la photo **576**, nous voyons une autre graine d'avocatier, quelques semaines après sa germination. On y voit la tigelle entre les deux cotylédons volumineux, la jeune racine et les poils absorbants en cours de développement.

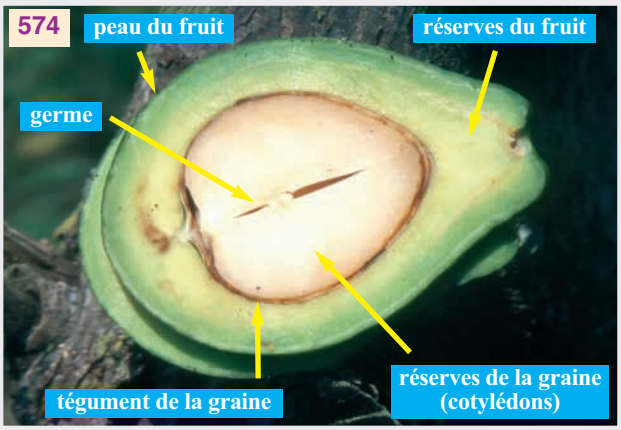
Ce sont **les réserves contenues dans les cotylédons** qui nourrissent le germe au moment de la germination, jusqu'à ce que les racines nourrissent la plante à partir du sol. L'énergie contenue sous forme d'aliments dans les graines permet à la plante d'absorber l'eau nécessaire pour construire les jeunes tiges, les premières feuilles et racines.

La graine de l'avocatier est entourée d'une **pulpe** assez épaise, riche en huile, en protéines et en eau. Lorsque le fruit mûr tombe sur le sol, la pulpe pourrit et constitue un milieu nutritionnel favorable à la germination de la graine.

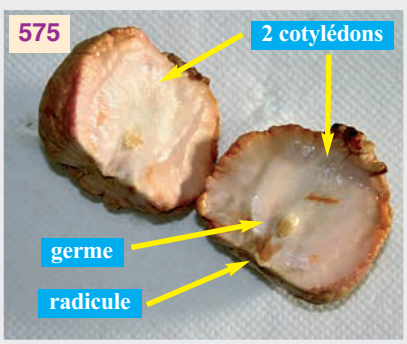
Le nombre de graines par fruit varie selon les espèces. Le fruit de l'avocatier, comme celui du karité ou du dattier et bien d'autres espèces, ne contient qu'une seule graine. La papaye, la courge, le gombo, l'orange, par contre, en contiennent de nombreuses.

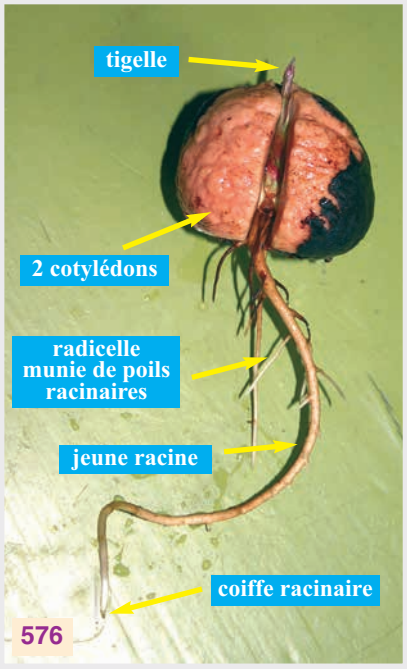
Les graines contiennent en elles tous les gènes qui permettront de reconstituer des plantes entières. Mais certaines ont plus de force que d'autres pour germer et s'établir. C'est pourquoi la préparation du sol, son ameublissement, son affinement, son humidification avant et après les semis est essentielle. C'est également la grosseur des graines qui détermine la profondeur d'enfouissement au moment des semis. Les très petites graines seront semées à quelques millimètres de la surface du sol pour qu'elles n'aient pas à épuiser leurs forces avant que leur tigelle n'apparaisse à l'air libre.

On veille à l'humidité constante de cette surface et on évite à tout prix la formation d'une péllicule de battance. Les grosses graines, contenant plus de réserves, peuvent être semées un peu plus profondément.



Composition du fruit et de la graine d'avocatier



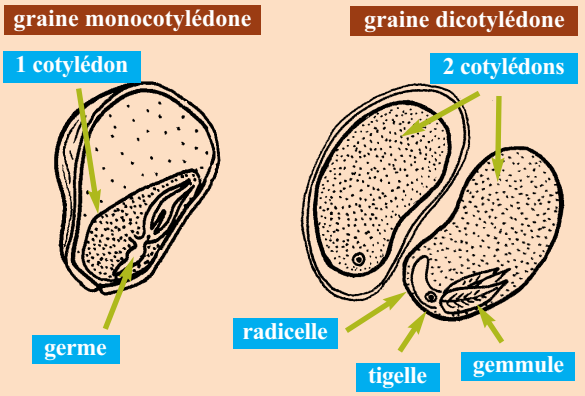


La figure **577** montre deux graines en coupe. La première est celle du maïs qui a un seul cotylédon et une importante réserve de farine. La seconde est celle de l'arachide dont les deux cotylédons sont serrés l'un contre l'autre à l'intérieur de l'écorce. La figure représente l'un des cotylédons séparé afin de mettre le germe en évidence.

Germination épigée et hypogée

Pour qu'il y ait germination, il faut d'abord que la graine absorbe de l'eau. Cela peut aller très vite, comme dans le cas du sorgho, du mil, de l'arachide, du haricot, ou beaucoup plus lentement, comme dans les cas des noyaux de mangues, de dattes, de noix de karité, ou d'autres graines dont les téguments sont épais et imperméables. Cette phase d'absorption d'eau s'appelle **IMBIBITION**. En agriculture ou en foresterie, l'imbibition des graines peut être facilitée par certaines pratiques consistant à rompre le tégument:

577 Composition des graines



Les germes contiennent en eux tous les éléments qui vont construire la plante. S'ils sont abîmés ou malades, la germination sera difficile ou impossible.

- l'**ébouillantage** des graines durant quelques secondes ou minutes (sans que les cotylédons et les germes ne soient surchauffés),
- le **raclage** des graines consistant à blesser les téguments et à y ouvrir des passages pour l'eau,
- le traitement des téguments à l'**acide**, en vue de les ramollir et les amincir,
- le passage dans l'**intestin** d'un animal. Cela aussi ramollit les téguments.

Lorsque l'imbibition est avancée, c'est la radicelle qui sort de la graine et qui va chercher à s'implanter et se nourrir en terre. Avant qu'elle n'y arrive, ce sont les cotylédons qui la nourrissent. Les racines sortant des très petites graines doivent donc se développer très rapidement dans le sol, pour que les réserves internes suffisent à l'installation de leurs plantules. Cette période est extrêmement sensible à la présence ou l'absence d'eau.

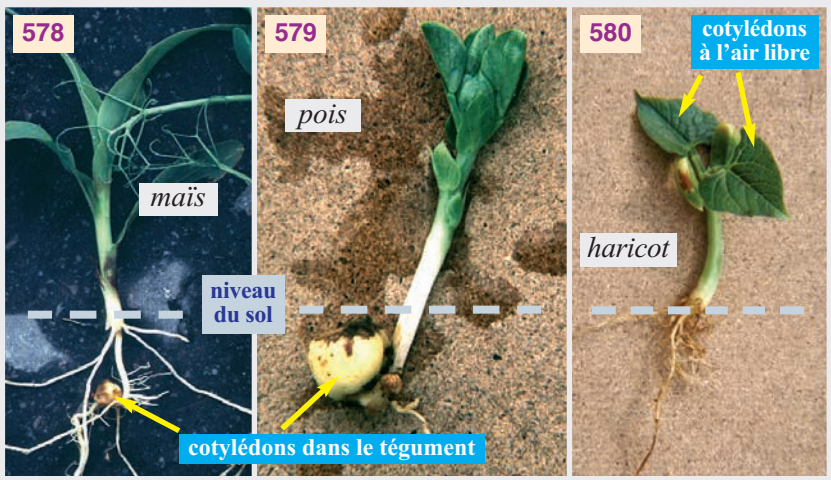
Lorsque la radicelle est capable de se nourrir dans le sol, c'est la tigelle qui va s'extraire du sol. Plusieurs cas se présentent alors.

Notes

- ✔ Chez les plantes monocotylédones, le cotylédon va rester en terre, à la place où la graine a été déposée ou enfouie,
- ✔ chez les dicotylédones, on distingue deux cas. La germination est **HYPOGÉE** lorsque les deux cotylédons restent à la place où la graine a été semée. Elle est **ÉPIGÉE** quand la plante fait sortir ses cotylédons et les dispose à l'air libre.

Les besoins en énergie et en eau sont différents dans l'un et l'autre cas.

Toutes les pratiques favorisant une structure légère et humide du sol entourant les graines sont favorables à la germination de celles-ci, qu'elles soient semées en germoirs, en pépinières ou en plein champ. Par contre, lorsque la terre est battue par les pluies et qu'une pellicule de battance s'est installée au-dessus des graines, celles-ci risquent de ne pas pouvoir s'installer.



Germinations hypogées du maïs et du pois. Germination épigée du haricot

Les gènes

Nous avons vu que les graines proviennent de la fécondation d'ovules par des grains de pollen. La graine contient tous les **GÈNES** dont la plante a besoin pour se développer. Ce sont des organes de dimensions infimes, présents au cœur de chacune des cellules de la matière vivante. **Les gènes déterminent les caractéristiques d'une plante**, sa morphologie, son cycle de vie, la forme et la couleur de ses feuilles et de ses fleurs, la forme de ses racines, le contenu de ses fruits et de ses graines, ses organes internes et leur mode de fonctionnement, ses préférences écologiques, ses capacités de résistance aux maladies. Chacune de ces

caractéristiques est programmée par un gène spécifique. Il existe donc un très grand nombre de gènes.

Les gènes se trouvent réunis dans les **CHROMOSOMES** qu'on trouve dans chacune des cellules constituant les tissus des plantes (**581**). Dans ces tissus, les chromosomes se trouvent toujours deux par deux, comme deux petits filaments portant chacun une série de gènes légèrement différents. En vue de la fécondation, les paires de chromosomes se divisent. Ils se réunissent ensuite à nouveau dans les cellules de l'embryon dont naîtra une nouvelle graine.

Lors de la fécondation, il y a donc mélange des gènes contenus dans les ovules et les grains de pollen. Ce **mélange détermine les caractéristiques génétiques des plantes filles**. Comme il y a mélange, la plante fille ressemble fortement à sa mère mais elle ne lui est pas totalement identique.

Par exemple, des graines récoltées sur une plante très productive peuvent donner des plantes qui ne le sont que peu. La résistance d'une plante à un ravageur peut ne pas être bien transmise aux plantes filles. C'est donc différent de ce qui se passe pour les semences végétatives dont nous parlons plus loin, puisque dans leur cas, il n'y a pas de mélange de gènes et la variabilité génétique est nulle.

Au sein d'une même espèce, la plus grande partie des gènes sont identiques. Mais quelques-uns peuvent différer. Les différences durables sont à l'origine de la distinction entre les variétés. Prenons des exemples.

Tous les pieds d'arachide sont reconnaissables à la forme de leurs feuilles et de leurs fleurs. Mais il y a des variations: le caractère dressé ou rampant, la richesse en huile ou en protéines, la durée du cycle végétatif. Ces différences déterminent les **variétés**.

Si nous prenons les variétés du cotonnier, nous en trouvons dont les fibres sont soit courtes, soit longues. Certaines variétés sont saisonnières, d'autres, buissonnantes, sont pluriannuelles.

Chez le palmier élaïs, on trouve des variétés à noix dures ou plus tendres. Certaines ont tendance à croître en hauteur, d'autres non.

Il existe des variétés d'amarantes rouges ou vertes, de grande ou de petite taille.

La **GÉNÉTIQUE** est la science qui s'intéresse aux gènes des plantes et des animaux. Ce sont les généticiens qui tentent d'observer et d'isoler certains gènes qui les intéressent, pour les valoriser dans les cellules de nouvelles variétés de plantes cultivées, plus productives, plus résistantes aux ravageurs, plus riches en huile ou en protéines, etc. Nous parlons de cela dans les prochains chapitres.

Les racines: centrales d'approvisionnement

Nous avons parlé des feuilles, des tiges et rameaux, des fleurs et des graines. Restent les racines.

Les racines **fixent la plante** dans le sol. C'est là qu'en présence d'eau, elles **captent les substances nutritives** minérales et organiques pour faire la sève brute, non élaborée (**582**). Nous allons en parler plus longuement dans la partie 10.

Anatomie

L'anatomie est la science qui décrit la façon dont les tissus de la plante (ou de l'animal) sont organisés. Pour la pratiquer, on doit procéder à des coupes fines et des observations au binoculaire ou au microscope. Certains éléments, comme les gènes, ne sont observables qu'avec des microscopes électroniques très puissants.

Les deux pages qui suivent résument succinctement l'anatomie des feuilles et des racines des plantes les plus courantes. Mais il faut noter que chaque espèce et chaque famille d'espèces peut avoir ses caractéristiques anatomiques propres.

Des connaissances anatomiques sont nécessaires pour la mise en œuvre de certaines pratiques agricoles.

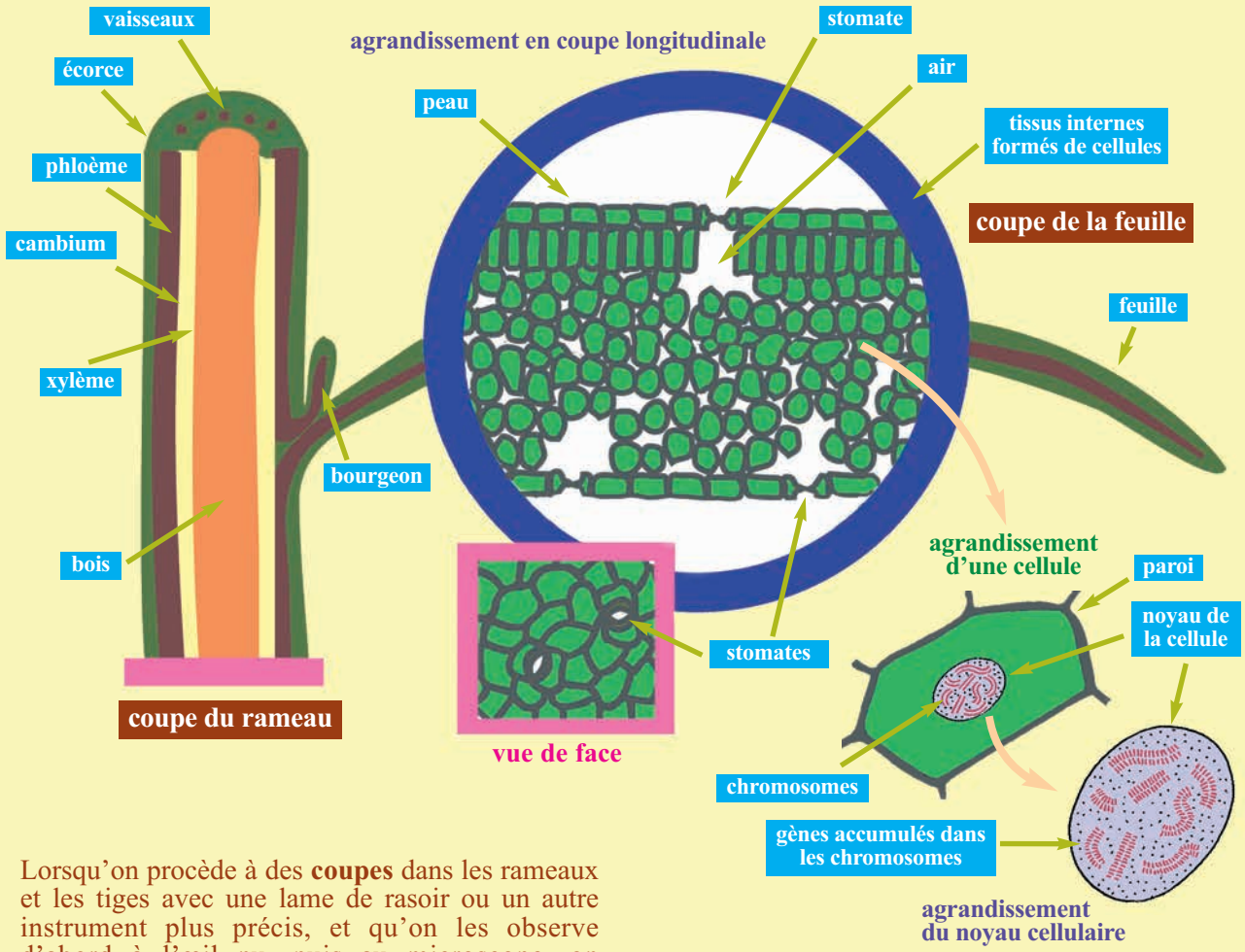
Si, par exemple, nous pratiquons le greffage, nous devons faire en sorte que le cambium du greffon et celui du porte-greffe se trouvent en contact étroit. Ce sont en effet ces cambiums qui vont **engendrer les tissus** permettant aux sèves de passer de l'un à l'autre.

Si on veut prélever l'écorce d'une tige ou d'une racine, mieux vaut connaître la structure de cette écorce et ne pas la blesser trop profondément. La blessure pourrait empêcher l'écorce de se reconstruire, et la circulation de la sève serait interrompue. En fait, pour qu'une blessure cicatrise, il faut toujours que le cambium n'ait pas été atteint sur une surface large.

Les tailles racinaires sont parfois stimulantes pour les plantes, par exemple au moment du repiquage. Mais certaines plantes dont les racines sont pivotantes et peu nombreuses peuvent souffrir de la taille racinaire, au moment de la reprise, car les coiffes racinaires et les cellules apicales sont détruites.

Notons finalement que certaines espèces végétales ont des structures différentes de celles que l'on voit dans les deux tableaux. C'est le cas des palmiers dont les vaisseaux montants et descendants se trouvent côte à côte au cœur du tronc. L'élaïs, par exemple, n'a pas d'écorce comparable à celle d'un eucalyptus. Si on coupe son tronc, aucun bourgeon ne viendra prendre la relève.

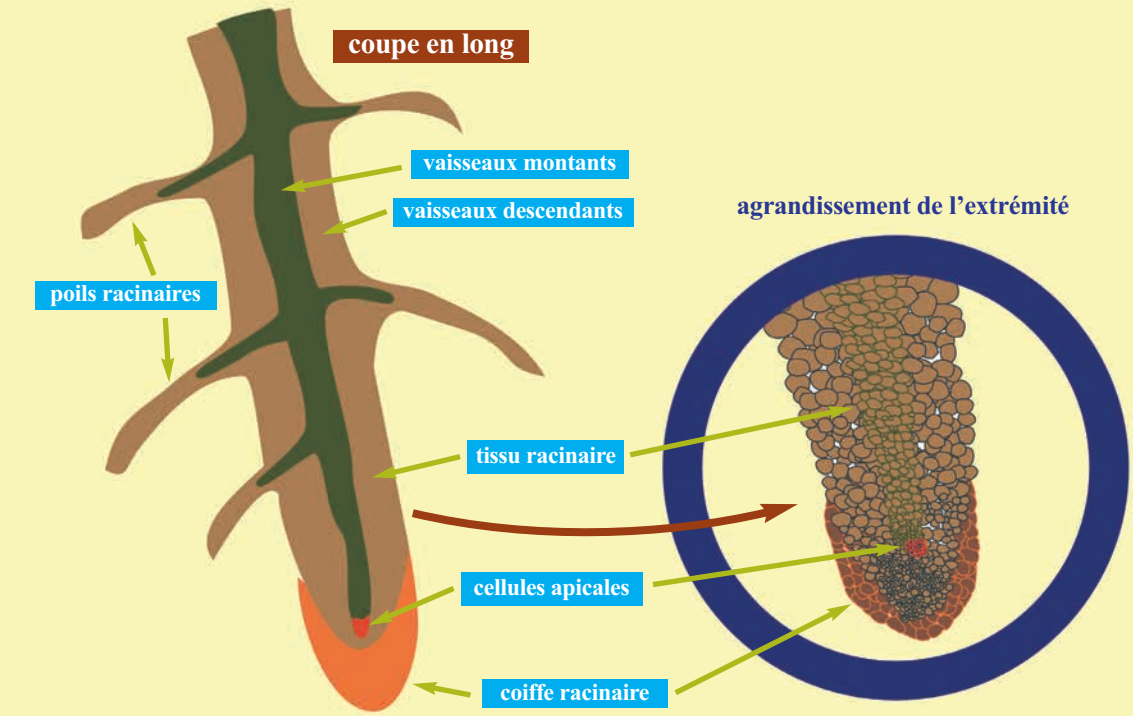
581 *Structure cellulaire d'une feuille*



Lorsqu'on procède à des **coupes** dans les rameaux et les tiges avec une lame de rasoir ou un autre instrument plus précis, et qu'on les observe d'abord à l'œil nu, puis au microscope, on distingue plusieurs éléments.

- ❒ Le **bois** contient les vaisseaux qui font monter la sève non élaborée. Le **xylème** est le tissu qui fabrique le bois.
- ❒ L'**écorce** contient les vaisseaux transportant la sève élaborée dans les feuilles, vers les autres organes de la plante, et en particulier les racines. Le **phloème** est le tissu qui fabrique l'écorce.
- ❒ Le **cambium** est la fine couche de jeunes cellules qui génèrent soit le xylème, soit le phloème.
- ❒ Les **stomates** sont les passages qui permettent les échanges gazeux entre les tissus de la feuille et des tiges, et le milieu extérieur.
- ❒ Des **cellules** de formes diverses constituent les **tissus** de la feuille. Elles sont entourées d'une **paroi**. Elles contiennent de l'eau et de nombreuses substances chimiques.
- ❒ Les cellules contiennent un **noyau**.
- ❒ Le noyau contient des **chromosomes**. Ils sont composés de nombreux **gènes**. Les gènes déterminent les caractéristiques génétiques des espèces et des variétés de plantes.

582 Structure cellulaire d'une racine



Pour observer une racine, on procède à une coupe en long et on l'examine au microscope. On peut voir les éléments suivants.

- Les **poils racinaires** captent l'eau et la nourriture dans le sol. Le mélange constitue la sève brute, non élaborée, qui est acheminée vers la tige dans des **vaisseaux** qui traversent le collet.
- La **coiffe racinaire** est un tissu solide adapté pour la pénétration de la racine dans le sol.
- Les **cellules apicales** sont celles qui fabriquent les tissus de la racine en vue de sa croissance. Elles sont alimentées par de la sève élaborée en provenance des feuilles. Celle-ci est transportée dans les vaisseaux de l'**écorce** racinaire.

Quelles sont les caractéristiques florales des plantes que nous cultivons? Nos variétés sont-elles autogames ou allogames? Devons-nous les mélanger pour assurer les fécondations? La germination de nos espèces est-elle épigée ou hypogée? Quelles conclusions pratiques devons-nous tirer de ces caractères pour la préparation des terres au moment des semis? Quelles sont les caractéristiques anatomiques dont nous devons tenir compte pour nos pratiques agricoles?

Notes



Partie 8
Les semences agricoles

Les semences sont les parties de plantes qui servent à les reproduire. L'obtention de bonnes semences bien adaptées au milieu local est l'un des aspects les plus importants de l'activité agricole.

Les chapitres qui suivent vont étudier les deux grands types de semences utilisées en agriculture:

- les unes sont le produit de l'activité sexuelle des fleurs: ce sont les **graines**,
- les autres sont produites végétativement. Les **semences végétatives** sont des parties de plantes capables de développer des racines et de prendre leur autonomie par rapport à un pied mère.



Chapitre 24
Les graines

Qu'est-ce qu'une bonne graine?

Une bonne graine doit avoir plusieurs **qualités essentielles**:

- donner une plante qui corresponde à **ce que l'agriculteur souhaite**, tant pour le bon développement de la plante elle-même que pour ce qui est de la qualité des produits récoltés,
- être **adaptée** au milieu et aux conditions d'exploitation, familiale ou industrielle,
- **disposer des réserves alimentaires** nécessaires pour sa germination,
- **ne pas contenir de germes** pathogènes,
- disposer de **l'énergie nécessaire à sa germination** (pouvoir germinatif),
- avoir été **récoltée à maturité** afin que la plante ait achevé de la nourrir,
- avoir été **correctement séchée,** à l'ombre plutôt qu'au soleil.

Pour estimer la valeur des graines et de la plante qui en provient, il est nécessaire de **connaître les caractéristiques et les qualités recherchées** par les producteurs pour la plante cultivée, qu'il s'agisse de fortes potentialités de rendement ou de qualités spécifiques des produits.

Comment disposer de bonnes graines à la ferme?

La sélection des graines

Pour l'agriculteur, le choix des variétés est important. Il va **sélectionner ses graines** en fonction des résultats qu'il recherche. La **SÉLECTION VARIÉTALE** cherche à produire des graines dont le potentiel de gènes est plus favorable aux objectifs de l'agriculture que les graines communément utilisées. Les **bonnes graines** sont celles:

- qui reproduisent sans surprise des **plantes filles du type escompté** par l'agriculteur,
- qui **contiennent le patrimoine génétique recherché** par le cultivateur et qui arrivent à l'exprimer au mieux (proportion d'huile, longueur des fibres, précocité, etc.),
- dont le **caractère productif est assuré**,
- qui **s'adaptent bien aux conditions du milieu** dans lequel elles sont semées,
- dont toutes les parties et les **réserves alimentaires sont bien formées** et ne sont pas abîmées par des ravageurs.

C'est en priorité au cultivateur ou à la cultivatrice de déterminer les graines qui seront les mieux adaptées à leurs besoins, en relation réfléchie avec les firmes et les services spécialisés.

Pollinisation naturelle et artificielle

Dans la nature, les mélanges de gènes au niveau des ovules se font spontanément, au hasard. Si on considère l'ensemble des plantes issues de graines fécondées spontanément, les caractères variétaux se retrouvent d'une génération à l'autre, sans grande variabilité.

Par contre, **dans les stations de recherche**, les techniciens peuvent contrôler les fécondations par des techniques de **POLLINISATION ARTIFICIELLE**. On applique volontairement le pollen d'une variété sur les ovules d'autres variétés en vue d'obtenir, à la génération suivante, des plantes ayant des qualités nouvelles différentes de celles de leurs parents.

Il y a donc **deux façons** de produire des graines agricoles:

- de **façon naturelle**, à la ferme ou en station. On ne contrôle pas les échanges de gènes, mais les potentialités des graines produites de saisons en saisons restent relativement stables.

  Si, par exemple, nous prenons la tomate cerise traditionnelle, ses caractéristiques se maintiennent, à peu de chose près, d'année en année, mais elle ne donnera jamais de tomates plus grosses ou plus juteuses comparables à celles des variétés sélectionnées par la recherche agricole.

- de **façon artificielle**, dans des stations agricoles. Des semences sont produites en croisant des variétés entre elles. Le croisement est contrôlé attentivement afin que les plantes qui en proviennent aient des caractéristiques précises, plus intéressantes pour les cultivateurs ou les consommateurs.

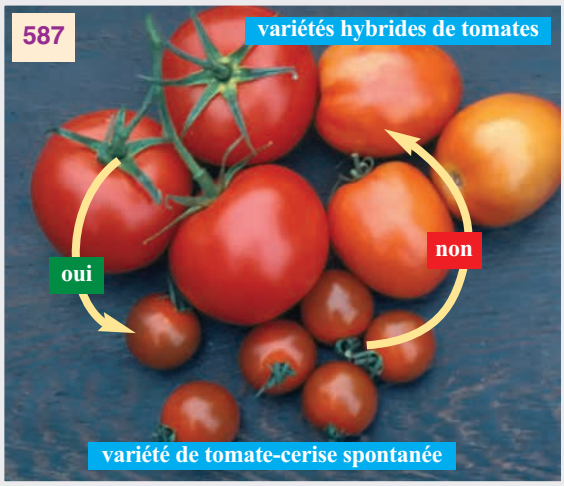
  Si les caractéristiques d'une variété intéressante que nous appelons H proviennent de la fécondation de deux autres variétés F et G, les chercheurs vont s'arranger pour réaliser ce mélange plutôt que tout autre. Le but est d'améliorer les performances quantitatives ou qualitatives de H. Ils vont par exemple récolter le pollen de F et le poser sur les organes femelles de G, après avoir éliminé les étamines des fleurs de cette variété G. En pratiquant de la sorte, ils vont obtenir des plantes **HYBRIDES** contenant un ensemble de gènes - on dit **GÉNOME** - globalement plus intéressant que celui de chacune des espèces originelles.

  On distingue les **hybrides fixés** des **hybrides non fixés**. Les premiers peuvent se reproduire de génération en génération en gardant les caractéristiques du premier croisement. Les seconds n'arrivent pas à garder ces caractéristiques d'une génération à l'autre. Tant que le producteur de semences respecte exactement les combinaisons qui ont donné l'hybride, celui-ci est reproduit à l'identique. Sinon, les caractères originels des variétés croisées peuvent réapparaître.

  En culture maraîchère, pour avoir la même qualité de fruits à chaque saison, il est nécessaire de racheter des sachets de graines. Si on resème simplement les graines produites à la ferme, on verra progressivement réapparaître les caractéristiques naturelles des variétés originelles produisant des tomates de petites dimensions (587).

On parle des graines **tout venant** pour caractériser des lots récoltés sur le terrain sans attention particulière. Lorsqu'on achète des graines sur les marchés, on n'a **aucune certitude sur l'origine et les qualités** de ces semences. C'est souvent ce qui se passe dans les exploitations familiales qui n'ont pu constituer de stocks semenciers au moment des récoltes, ou qui ont dû consommer leurs semences en temps de soudure. On peut dire que l'achat de semences d'origines inconnues, sur les marchés ou chez des commerçants non spécialisés, est rarement une bonne affaire pour la réussite des cultures.

587



A la longue, les fécondations spontanées de variétés hybrides de tomates entre elles ramèneront les fruits des générations filles vers les caractéristiques originelles de l'espèce qui sont celles des tomates cerises.

Par contre, dans le milieu naturel, les tomates cerises sauvages ne produiront jamais des fruits sélectionnés.

Choisir les plantes sur lesquelles on récolte les graines

Les plantes malades, chétives, peu productives, ne sont pas de bonnes reproductrices et ne garantissent pas la qualité des graines. Il faut plutôt **prélever les graines sur des plantes saines** qui présentent toutes les qualités recherchées par l'agriculteur, en particulier la vigueur, la résistance aux maladies, le nombre d'épis, de fruits, de graines, la qualité des produits.

Avant la récolte générale, on repère les plantes semencières dans les champs. On les signale au moyen d'une marque, un ruban, par exemple, et **on les récolte à part**.

On peut faire à la ferme des **champs semenciers** spécialisés. On y sème des graines parfaitement saines. On veille, encore davantage que pour les champs ordinaires, à l'hygiène des plantes et à leur alimentation. Tout défaut constaté sur les plants est corrigé ou éliminé. Les plants malades ou chétifs sont impitoyablement éliminés.

Les stations de recherche et les firmes réalisent également des **CHAMPS SEMENCIERS** pour produire des semences bien typées. Des techniques existent au niveau de la recherche agronomique pour s'assurer que les graines provenant des champs semenciers soient toujours porteuses des mêmes caractères variétaux. A partir de la sélection d'une variété hybride, plusieurs étapes sont souvent parcourues puisqu'il faut d'abord multiplier les graines peu nombreuses de la variété sélectionnée, avant de pouvoir les distribuer aux agriculteurs. On parle alors de **CHAMPS DE MULTIPLICATION**. Ces champs doivent être attentivement contrôlés, afin que des fécondations non recherchées ne viennent compromettre les caractéristiques génétiques des plants multipliés.

Récolter les graines à maturité complète

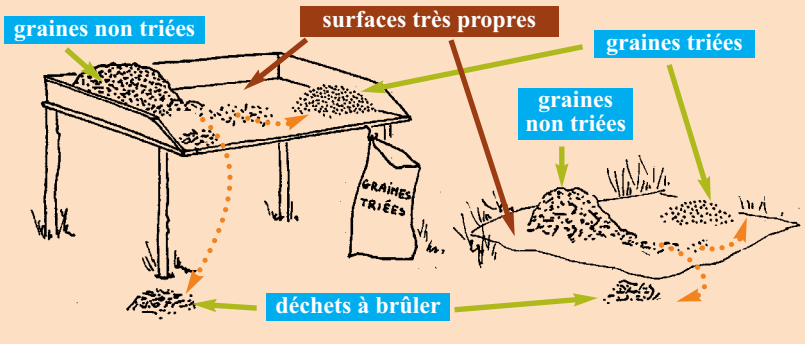
Les bonnes semences sont celles qui sont **récoltées à pleine maturité**, au moment où la plante a achevé de les nourrir. Les graines immatures (non mûres) ne disposent pas encore de toutes les réserves nutritives nécessaires pour leur bon développement futur. Leur capacité de nourrir la plantule qui en sortira jusqu'au moment où celle-ci pourra vivre d'elle-même dans le sol risque d'être insuffisante. Il ne faut donc pas les choisir.

De plus, une graine immature est souvent humide. Ses téguments sont minces. Humidité et minceur des téguments rendent difficile la conservation des graines qui sont facilement attaquées par des champignons, des levures, des bactéries ou des insectes. Une graine bien mûre est généralement plus facile à récolter. On la blesse moins facilement.

La récolte des graines matures est parfois rendue difficile par le fait qu'elles se détachent facilement des fruits et tombent à terre. On doit alors prendre des dispositions pour éviter les pertes au moment de la récolte: bâches disposées à terre, sachets en toile moustiquaire placés autour des fructifications, etc.

588 Triage des graines à la ferme

La surface de triage doit être propre et sèche. Toutes les graines piquées, sales, de couleurs douteuses, molles, plissées, griffées, ainsi que les déchets de plantes et d'animaux, doivent être radicalement éliminés et brûlés.



Trier les graines

Le tri des graines qui serviront de semences est indispensable avant le semis ou la mise en réserve. Dans les fermes familiales, quelques **critères** peuvent être appliqués pour le tri des graines:

- les **caractéristiques extérieures**: les graines ont-elles l'aspect le plus intéressant par rapport aux besoins de la culture? Sont-elles bien formées?
- leur **santé apparente**: les graines sont-elles propres et exemptes de toute maladie apparente, en particulier de maladies fongiques, bac-

tériennes ou virales? Les graines sont-elles intactes, sans marques d'attaques d'insectes?

- leur **poids**: les graines ont-elles leur poids normal par rapport à la variété concernée? Sont-elles bien remplies?

Lorsque le produit agricole recherché est la graine elle-même, comme dans le cas des haricots, arachides, maïs, riz, sorgho,..., il est facile de choisir des graines qui ressemblent typiquement à ce qu'on souhaite obtenir lors des prochaines récoltes: on constitue alors un échantillon-type. Ensuite, on sélectionne dans les récoltes les graines qui ressemblent le plus possible à celles de l'échantillon. Cette méthode s'appelle la **SÉLECTION MASSALE**.

Lorsque ce sont les feuilles, les fleurs ou les fruits qui sont recherchés comme production agricole, la méthode de sélection massale des graines est peu adaptée, puisqu'on ne peut pas comparer les caractéristiques des feuilles recherchées à celles des graines d'un échantillon. On compare donc les pieds entre eux pour prendre les graines sur le pied qui semble le mieux correspondre à ce qu'on recherche, mais les résultats ne sont pas forcément assurés.

589



Ces graines de haricot sont abîmées. Il faut s'abstenir de les semer et aussi de les stocker. Il faut les brûler ou les ébouillanter pour éviter de maintenir les insectes dans les lieux de conservation.

590



Lorsque le tri des graines se fait à terre, elles se salissent. Des ravageurs, (bactéries, champignons, insectes) présents dans le sol adhèrent à leur surface.

Par contre, on peut trier les graines selon leur santé apparente. Pour faire cela, on élimine toutes les graines qui sont piquées, griffées, molles, vides, brisées, sales,... On ne garde que celles qui sont pleines, entières et propres. Ce tri peut se faire à la main, sur une surface lisse, avec divers instruments comme le **van**, le **tarare**, ou les **tamis**. Le van est un appareil qui utilise le vent pour trier les grains en fonction de leur poids. Le tarare est un instrument constitué de plusieurs tamis dont les mailles sont de dimensions différentes, pour trier les grains selon leur grosseur. Ces instruments, manuels ou mécaniques, permettent d'éliminer un maximum de grains légers et mal remplis de réserves alimentaires.

Un premier tri des semences peut se faire en noyant les graines dans de l'eau propre. Normalement, les graines bien faites et lourdes tombent au fond de l'eau et les graines légères ou malformées remontent à la surface. Il est alors facile de les ramasser et de les éliminer. Cette technique n'exclut pas, ensuite, le tri manuel ou mécanique.

Le tri à la main est long et fastidieux, mais il est efficace. Il améliore les conditions de stockage car il élimine des sources d'infestation dans le stock de graines. Il peut être accompagné d'une désinfection. Une substance fongicide, insecticide ou insectifuge peut être ajoutée au stock trié.

Nettoyer les graines

Toutes les impuretés qui sont contenues dans un stock de graines peuvent être des sources d'infestation. Ce sont les débris végétaux et animaux de toutes sortes, ainsi que les restes de terre, d'humus ou de matière organique. Il est donc important de veiller à **ne pas salir les graines au moment de leur récolte** et de limiter leur contact avec des sources d'infection telles que débris sur les champs, vieux sacs, vieilles jarres mal lavées,...

Après la récolte, on ne bat pas trop fortement les épis ou les fruits, pour éviter que des débris de tiges, d'épis, de feuilles, etc. ne viennent se mélanger en trop grande quantité aux graines à stocker, et surtout pour **éviter que les graines soient blessées**.

Les lots de graines peuvent être jetés et mélangés dans un bac d'eau. Mais lorsqu'on lave ou trempe les graines, il faut utiliser de l'**eau très propre**, bouillie ou sortie directement d'un forage, pour ne pas répandre dans le lot des germes nocifs. L'eau peut éventuellement être additionnée d'eau de javel, de permanganate de potassium ou d'un autre désinfectant.

Sécher les graines

Un bon séchage des graines avant la mise en réserve est toujours nécessaire. Les graines bien sèches ont une **vie ralentie**. Elles respirent et transpirent peu. Elles sont moins attaquées par les champignons, les

levures ou les bactéries qui se développent plus activement quand le stock est humide. Par contre la siccité des graines n'empêche pas les attaques d'insectes, de rongeurs ou d'oiseaux.

Le séchage des graines se fait **à l'ombre** en vue d'**éviter qu'elles ne s'échauffent**. Pour les espèces agricoles, l'élévation de la température des graines au-dessus de 45°C est susceptible de réduire le pouvoir germinatif des lots. Dans la nature, par contre, certaines graines peuvent être - parfois *doivent* être - exposées aux rayons directs du soleil pour que les téguments ou les coques éclatent au moment où leur germe doit sortir. C'est le cas de plusieurs acacias vivant en zones sahéliennes sur des terres nues et latérisées, ou d'autres arbres comme le palmier dattier, *Balanites aegyptiaca, Combretum micranthum, Bauhinia rufescens,* etc. Toutefois, même les graines de ces espèces adaptées à l'insolation seront séchées sans surchauffe si on veut les utiliser comme semences. Des pratiques existent pour ouvrir ou ramollir leurs coques en temps utile, avant de les semer.

En **régions sèches**, il est assez aisé d'abaisser l'humidité des graines jusqu'à un niveau qui est en relation directe avec la sécheresse de l'air ambiant. C'est ce qui se passe à la photo **591**. Les épis de maïs sont accrochés en plein vent sec. S'ils risquent peu une infection microbienne, ils peuvent par contre être attaqués par des rats, des oiseaux, des insectes. Contre ces ravageurs, mieux vaut disposer les épis dans un endroit très sec de la maison, si possible dans une ambiance enfumée, ou les enfermer dans des récipients hermétiquement clos.

En **régions humides**, l'hygrométrie de l'air ne permet pas d'abaisser l'humidité des graines à un niveau limitant suffisamment l'activité de la vie microbienne. Il est donc nécessaire d'achever artificiellement leur séchage avant de les placer dans un endroit sec ou en récipients fermés dans lesquels l'air extérieur humide ne peut pénétrer. Le traitement se fait dans des séchoirs dont l'air est chauffé par le soleil ou par un combustible.

591



Séchage et stockage des épis à l'air libre, au Sahel

Exposer les graines au soleil, à même le sol, sur une natte ou sur une dalle de ciment, n'est pas une bonne méthode pour ce qui est des graines à semer.

Conserver les graines dans de bonnes conditions

Une graine en bonne santé résiste mieux aux attaques parasitaires qu'une graine malade. Pour favoriser la résistance, il est nécessaire de créer un milieu de conservation adéquat, en respectant certaines **règles**:

- le milieu de conservation doit être **aussi sec que possible**;
- **la température doit être modérée**: plus elle est basse, moins la graine est active;
- sauf dans quelques cas, les graines sont **enfermées avec le moins d'air possible**. La plupart des insectes ont besoin d'air pour se développer dans les grains. Une façon de lutter contre eux est donc de les priver d'air. C'est pourquoi il est utile de mélanger les graines semencières à une matière comme du sable fin, sec et

592

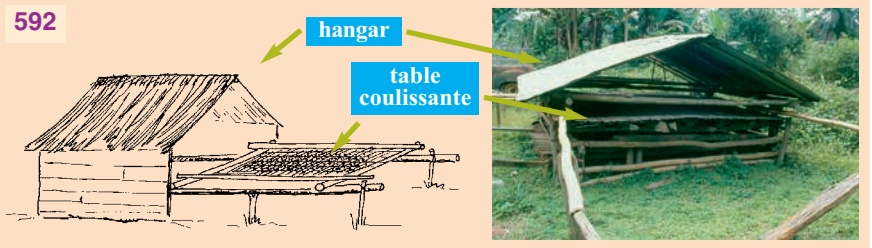


Table de séchage coulissante dite "autobus". En cas de pluie ou de trop forte insolation, le plateau est repoussé sous le hangar.

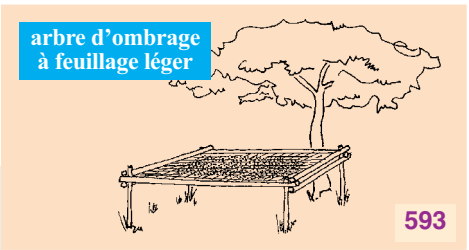


Table de séchage des graines à l'ombre d'un arbre

propre, ou de la cendre. Ces matières remplissent les interstices entre les graines et limitent les quantités d'air circulant dans le stock. Elles gênent aussi les insectes pour leurs déplacements dans le stock;

- ❒ la conservation des grosses graines telles que celles des légumineuses ou des céréales est favorisée par un **enrobage huileux**. L'huile adhérant au tégument des graines empêche les insectes de se déplacer dans les interstices du stock et les englue;
- ❒ les touques, sacs, dames-jeannes, tines, greniers,… et les **endroits de stockage** doivent être très bien **nettoyés**, **désinfectés** et **désinsectisés** avant d'y placer de nouveaux stocks de grains. On lave à l'eau et au savon, à l'eau de javel, au crésyl ou au moyen d'un autre désinfectant qu'on trouve en phytopharmacie. On brosse énergiquement les parois pour éliminer tous les déchets des stocks précédents; éventuellement, on recouvre les parois de poudre insecticide et fongicide, avant de placer les graines semencières;
- ❒ le lieu de conservation est **fermé** afin d'éviter le passage de l'eau de pluie, de l'humidité du sol, de l'air et aussi des insectes, des rats et des autres rongeurs. Pour éviter l'humidité dans le fond des greniers et l'accès facile aux rongeurs et aux termites, on surélève les silos;
- ❒ en région sèche, la conservation des semences dans les jarres ou greniers en terre séchée, à l'intérieur des habitations, est un bon moyen de les préserver. La **fumée** dégagée par les foyers chasse les insectes et les rongeurs.

Quand on a de grandes quantités de semences, il est préférable de conserver plusieurs lots séparément. On diminue ainsi les risques de perdre toute sa semence, en cas de dégradation d'un des lots par les rongeurs ou les maladies.

594 *Quelques types de greniers ou silos pour conserver les graines*

595



Silos en terre cuite (jarres) en pays dagari

596



Silo en branches tressées de Guiera senegalensis (Sénégal)

597



Silos en briques sèches du pays marka, au Burkina Faso

598



Hangar de stockage temporaire en zone forestière du Cameroun

599



Greniers en bois et pailles tressées du Burkina Faso

600



Grenier en briques crues au nord du Tchad

Voici les grandes jarres de terre contenant les semences et les réserves de grains, dans une maison du sud du Burkina Faso (pays dagari) (595).

On trouve aussi des greniers en bois, en nattes, en pailles ou en d'autres matériaux. Ces greniers sont plus aérés que les jarres en terre ou les greniers en briques. Ils protègent moins les graines contre les attaques d'insectes, de rongeurs et d'oiseaux que les greniers en terre.

La photo 598 nous montre un grenier dans une région de forêt, au Cameroun. Le grenier est construit sur des pieux afin d'être isolé de l'humidité du sol. Il est cependant très ouvert pour les insectes ravageurs des récoltes.

Les greniers réalisés en terre battue, en briques (597 et 600) ou en ciment conviennent bien pour le stockage de produits très secs, à court terme. Mais si la conservation doit être plus longue, il vaut mieux stocker dans des enceintes plus hermétiques comme des sachets, des touques métalliques ou en plastique, des silos de construction industrielle. Il faut alors que les graines soient très sèches, sinon, des moisissures peuvent s'installer.

Si des moyens sont disponibles, il est possible de construire des **SILOS** à grains en métal ou en ciment. Ces silos, tout en étant légèrement aérés, car la plupart des graines doivent pouvoir respirer légèrement, sont hermétiques à la pénétration d'insectes, de rongeurs et d'autres ravageurs potentiels.

Veiller à l'énergie germinative des graines

Pour obtenir une bonne levée dans les champs, les graines doivent disposer de toute leur énergie germinative. Conservées longtemps, elles perdent petit à petit cette énergie. On parle du **POUVOIR GERMINATIF** des graines pour caractériser leur capacité de germer et leur valeur dans les semaines, les mois et les années qui suivent leur formation.

Le pouvoir germinatif est assez facile à mesurer pour les graines dont la germination est rapide comme le maïs, le riz, le mil, le sorgho, le blé, le haricot, l'arachide, le pois,... Il est plus difficile à mesurer pour les grosses graines enveloppées d'une coque dure comme la noix de coco, la noix de palme, le noyau de mangue,...

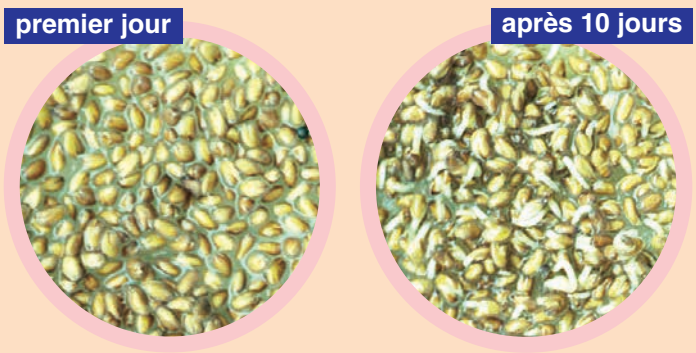
Pour **mesurer le pouvoir germinatif**, on prend dans le sac de semences un lot de 100 graines (par exemple). Au fond d'une assiette placée dans un lieu ombragé, on étend un tissu humidifié régulièrement et on y dispose les graines. On recouvre aussi avec un tissu humide, et on place le lot à l'ombre. Au bout de quelques jours ou de quelques semaines, on vérifie le nombre de graines qui ont germé. Le résultat est bon lorsque presque toutes les graines ont germé. Il est médiocre si de nombreuses graines sont restées inactives. On dit que le pouvoir germinatif est satisfaisant à 95% si 95 graines ont germé sur les 100 qui ont été testées. C'est un résultat assez positif. Par contre, si 60% seulement des grains ont germé, le résultat est médiocre puisque 40% ne germeront pas après l'ensemencement du champ.

601 *Pouvoir germinatif des graines dans le milieu naturel*

Dans le milieu naturel, les espèces végétales disséminent d'immenses quantités de graines de toutes sortes dont les pouvoirs germinatifs sont maintenus durant **quelques semaines** seulement, ou durant de très longues périodes pouvant aller jusqu'à **plusieurs dizaines d'années**. C'est ce qui explique que des espèces apparemment disparues au cours d'une longue période de culture réapparaissent lorsqu'on laisse la terre évoluer en jachère.

602 *Mesurer le pouvoir germinatif des graines*

100 graines sont mises à germer sur un tissu humide placé sur une assiette. On les arrose un peu chaque jour.



Résultat: au bout de 10 jours, 89 graines ont germé et 11 sont restées inactives. Le pouvoir germinatif des graines du lot est de 89%.

Notes

Acheter des graines

L'**acquisition** de graines dans le commerce ou les services est utile ou nécessaire dans plusieurs circonstances:

- ♣ l'espèce qu'on veut multiplier par graines fleurit peu ou mal dans l'environnement de la ferme;
- ♣ les graines produites à la ferme ne donnent pas des plants de la qualité recherchée;
- ♣ le cultivateur veut semer des espèces qui ne sont pas disponibles dans sa zone;
- ♣ l'accroissement de rendement pouvant résulter de l'utilisation de graines achetées est significatif, par rapport aux graines produites sur place;
- ♣ on ne dispose pas à la ferme de la main-d'œuvre suffisante et compétente pour produire des graines de qualité;
- ♣ la trop courte durée de la saison ou une pluviométrie insuffisante ne permettent pas de finaliser à la ferme le cycle végétatif de l'espèce. Elle n'a donc pas le temps de produire et de laisser mûrir ses graines.

Ce n'est pas parce qu'une espèce est achetée dans le commerce ou obtenue dans une station agricole que ses résultats seront nécessairement optimum. En effet, les graines du commerce proviennent souvent d'autres milieux écologiques que ceux des fermes, et parfois même d'autres contrées.

Les graines achetées dans le commerce sont difficiles à reproduire telles quelles dans les fermes, car elles sont des hybrides entre des variétés que seuls connaissent les producteurs semenciers.

Si des achats de graines à l'étranger sont parfois recommandables, en particulier pour les cultures maraîchères, la production locale des graines l'est tout autant pour les cultivateurs qui veulent garder leur indépendance. Des expérimentations et des formations locales en vue des productions semencières sont souhaitables. Elles sont d'autant plus à recommander que les fermes sont reculées et que les fermiers disposent de peu de moyens financiers.



Quelles sont les qualités reconnues de nos graines? Comment sont-elles produites et récoltées? Quels soins leur apportons-nous pour les sécher, les trier, les conserver?

Chapitre 25
Les semences végétatives

Les **SEMENCES VÉGÉTATIVES** sont des parties de plantes qui reproduisent de nouveaux pieds sans passer par le cycle de la reproduction sexuée. **L'ensemble des gènes (génome) de la partie séparée est identique à celui de la plante mère**. On peut donc être sûr que le potentiel génétique du pied fils est exactement le même que celui de la plante dont il provient. Les cultivateurs s'intéressent à la reproduction végétative parce que les pieds fils donneront les mêmes résultats que ceux de leur plante mère, s'ils sont traités de la même façon, alors qu'un certain hasard existe quant aux futurs résultats des pieds reproduits par graines.

Parlons du caféier, par exemple. Sa reproduction par graine est aisée. Mais les planteurs préfèrent souvent passer par le bouturage des rameaux de pieds ayant fait leur preuve sur le plan des rendements (603). Celui qui dispose d'arbres d'une variété sélectionnée hybride peut la multiplier par bouturage plutôt que de repasser par la reproduction sexuée.

Si nous pensons au manguier ou à l'oranger, nous constaterons que les pieds issus de graines auront des résultats hasardeux, peu prévisibles à long terme, alors que les pieds greffés fourniront des résultats bien prévisibles.

Les rejets du bananier ou de l'ananas, eux aussi, auront exactement les mêmes caractéristiques génétiques que les pieds mères.

Les types de semences végétatives

Les semences végétatives sont produites soit naturellement, chez certaines espèces, soit artificiellement.

Reproduction végétative naturelle

Il y a des espèces qui se reproduisent naturellement par voie végétative, comme si cela leur était plus facile. Elles développent alors des organes spécialisés.

- Les **TUBERCULES** sont des parties de racines ou de rhizomes que la plante remplit de réserves alimentaires, afin de pouvoir se reproduire après une période de dormance ou d'hibernation. Le manioc, la patate douce, la pomme de terre (**606**), l'igname (**609**), le coléus, le curcumin, le macabo, le taro, le gingembre, sont des plantes qui se reproduisent naturellement par tubercules. On peut récolter les tubercules de ces plantes pour les semer ou pour en découper des parties (plançons) qui reproduiront des pieds ayant exactement les mêmes caractéristiques génétiques que la plante mère.

  Les tubercules sont munis de bourgeons, soit à leur sommet, soit sur l'ensemble de leur surface.

- Les **BOUTURES** sont des parties de tiges ou de rameaux détachées de leur pied mère, qui développent des racines adventives au contact du sol, afin de reproduire une nouvelle plante.

- Les **BULBES** et leurs **CAYEUX** se forment à la base de la plante, chez certaines espèces telles que l'oignon, l'ail, l'échalote ou la ciboulette. Sur la photo **611**, nous voyons les caïeux (ou gousses) d'ail, formés autour d'un axe central. Chacun de ces caïeux peut reproduire végétativement la plante.

603 Reproduire par graines ou par boutures?

Le caféier peut se reproduire aussi bien par graines que par boutures de rameaux. Seule la reproduction végétative par bouturage garantit que les qualités des plantes filles seront identiques à celles des pieds mères. Les chercheurs et les producteurs utilisent les deux modes de reproduction, en fonction de ce qu'ils recherchent: multiplier en grand nombre des plants de qualité reconnue, ou réaliser des croisements entre variétés.



Les arbres provenant de graines et ceux qui proviennent de boutures n'ont pas la même morphologie.

- Les **BULBILLES** sont des bulbes ou des tubercules miniatures qui se forment sur la tige de certaines espèces (**612**). L'igname, par exemple, produit parfois des bulbilles.

- Les **REJETS** et les **DRAGEONS**. On les trouve souvent à la base d'une plante, comme chez le bananier, l'ananas (**605**), la canne à sucre (**607**), ou sur les racines à quelque distance du pied mère, comme chez le karité, le goyavier, le néré, le bauhinia, la canne à sucre, les maniguettes. Si on les détache et qu'on les repique, ils développent une nouvelle plante.

- Les **RHIZOMES** sont des tiges souterraines qu'il ne faut pas confondre avec des racines. La pomme de terre, par exemple, développe de nombreux rhizomes sur lesquels se développeront les tubercules (**606**). La photo **608** montre les rhizomes du gnetum, espèce légumière spontanée très appréciée en zones forestières d'Afrique Centrale.

- Les **STOLONS** sont des cordons spécialisés pour transporter un bourgeon à une certaine distance du pied mère. Ce bourgeon développe une nouvelle plante après avoir produit des racines. Voici par exemple les stolons du fraisier en train de coloniser l'espace avoisinant (**614**).

- Les **MARCOTTES** sont des branchettes ou des tiges qui produisent des racines lorsqu'elles sont en contact avec la terre (**613**).

Certaines espèces préfèrent la reproduction végétative sans toutefois exclure la reproduction sexuelle. L'ail ou l'oignon sont dans ce cas. Mais d'autres ont perdu l'habitude de la reproduction sexuelle, comme l'ananas, la pomme de terre, le fraisier, le manioc, la plupart des espèces de bananiers. De nombreuses variétés de bananiers sont stériles.

Reproduction végétative provoquée

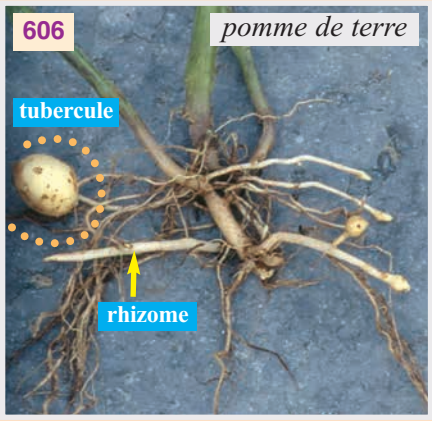
Le cultivateur peut **provoquer la reproduction végétative** chez beaucoup d'espèces qui n'ont pas l'habitude de se reproduire végétativement quand elles sont laissées à elles-mêmes.

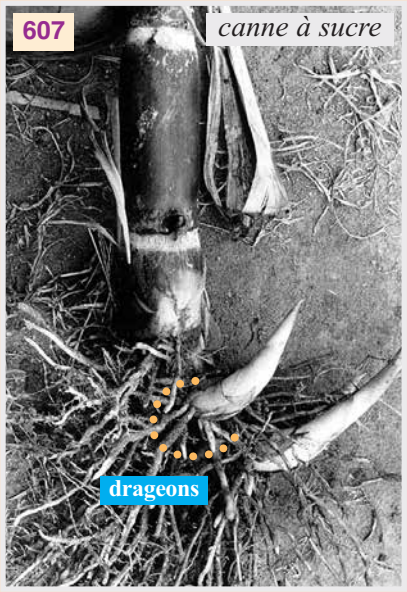
Les parties qui peuvent reproduire les plantes végétativement sont celles qui comportent des bourgeons ou qui peuvent en produire: rameaux, tiges, rhizomes, parfois les feuilles.

- Les **ÉCLATS DE SOUCHES**. Beaucoup d'espèces herbacées forment des touffes de tiges et de racines. En replantant des morceaux de souche dis-

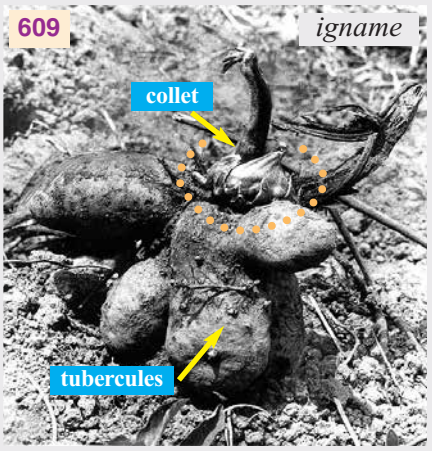
604 Quelques semences végétatives

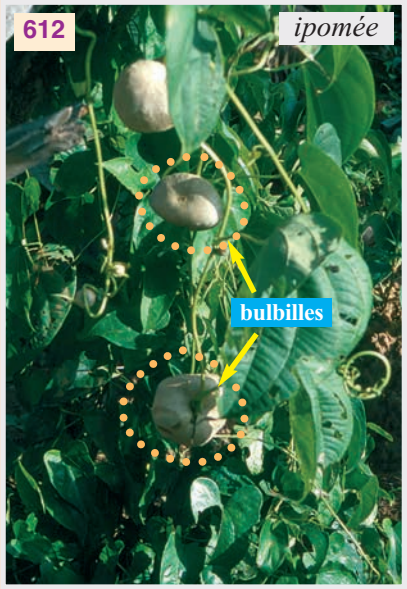






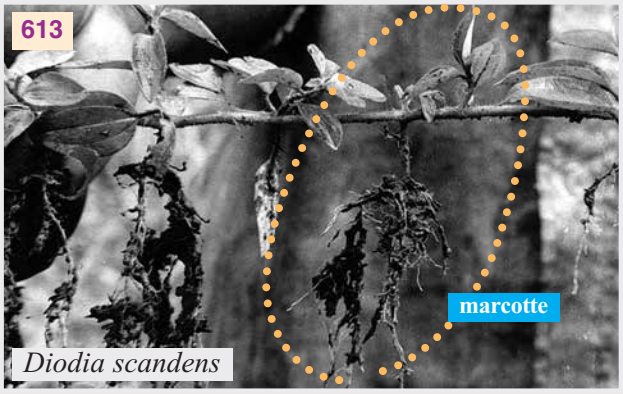


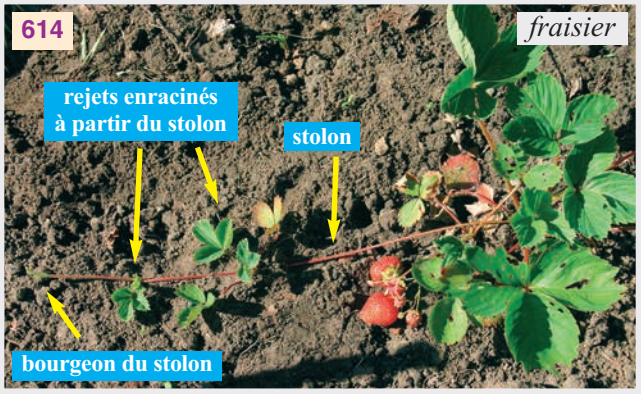












posant chacun d'un bout de tige et de quelques racines, on multiplie l'espèce, sans devoir recourir à la reproduction sexuée. Des espèces comme la citronnelle, la menthe, le bananier, le sétaria, la canne à sucre, peuvent être reproduites par éclats de souches.

♠ Les **BOUTURES** sont des parties de rameaux, de sarments, de rhizomes, ou des feuilles qui, lorsqu'on les met dans certaines conditions d'humidité et de chaleur dans un sol adéquat, reconstituent une plante ou un arbre complet. De très nombreuses espèces herbacées ou ligneuses peuvent être multipliées par bouture.

♠ Les **MARCOTTES** sont provoquées artificiellement chez certaines espèces ligneuses (615). Lorsque les racines sont développées, le pied-fils est séparé de la mère et replanté ailleurs. Les marcottes proviennent des branches secondaires d'un pied mère. Elles ont tendance à donner des plantes buissonnantes plutôt que des tiges dressées.

On peut tenter le marcottage chez des espèces qu'on n'arrive pas à reproduire par bouturage ou par graines. Contrairement aux boutures, les marcottes continuent d'être nourries par la plante mère, jusqu'à ce que des racines se soient bien développées et que le jeune pied puisse être sevré.

Le marcottage peut réussir chez des espèces comme l'anacardier, l'arbre à pain, le safoutier, le tamarinier, le carambolier, le sapotillier, le tetrapleura. Mais on peut tenter de le réaliser sur bien d'autres espèces.

♠ Les **GREFFONS** sont également des semences végétatives. Des parties de rameaux détachées de leur pied d'origine sont placées sur d'autres plants appelés **PORTE-GREFFE** qui sont des jeunes pieds issus de graines. Le pied provenant du greffage combine des caractéristiques et des qualités des deux pieds d'origine.

♠ Depuis quelques dizaines d'années, la reproduction par **MÉRISTÈMES** est fréquente dans des laboratoires spécialisés. Les méristèmes sont les quelques cellules qui engendrent les organes des plantes. On les trouve au cœur des bourgeons foliaires ou racinaires. La technique de reproduction consiste à prélever des parties de méristèmes dans les toutes fines pointes des bourgeons, pour les élever dans des fioles contenant des substances nutritives très étudiées. Cette méthode de reproduction est fréquente dans les agricultures industrielles très contrôlées sur le plan technique et hygiénique, mais elle n'est pas répandue dans le contexte des exploitations familiales africaines.

615 ***Deux pratiques de marcottage provoqué***



Première méthode

Une branchette est recourbée vers le bas pour être placée en terre sans être détachée de l'arbre. Elle ne sera coupée que lorsque des racines se seront formées.

Deuxième méthode

L'écorce d'un rameau est enlevée sur quelques centimètres, sans blesser le bois.

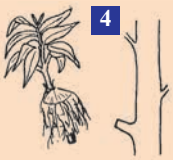




On place un manchon de terre fertile sur le rameau, en le serrant fortement dans un sac. On arrose très régulièrement le manchon.

3 Des racines se développent en bordure de l'écorce, à la partie supérieure de l'écorçage.

Lorsque les racines se sont développées, on coupe le rameau et on plante la marcotte en place dans la plantation, ou en pépinière.



Le bouturage

Le bouturage consiste à prélever un morceau de rameau, de rhizome ou de feuille sur une plante, et de le disposer dans des conditions favorables pour qu'il développe des racines adventives. On le pratique dans les grands champs (igname, patate douce, par exemple) ou, plus souvent, en pépinières.

Les espèces bouturables sont celles qui sont capables:

✔ soit de **transformer des bourgeons foliaires** en bourgeons racinaires au moment de la mise en terre. Un collet d'igname, par exemple, peut produire des bourgeons foliaires ou racinaires se développant en tiges aériennes ou en racines;

✔ soit de fabriquer des bourgeons foliaires ou racinaires **en dehors des zones de bourgeonnement habituelles**, par exemple sur les entrenœuds de leurs tiges, ou même sur le pétiole de leurs feuilles;

✔ soit de **produire des racines sur leur bois**, lorsque celui-ci est placé en terre ou dans l'eau.

Le tableau **618** présente quelques types de boutures.

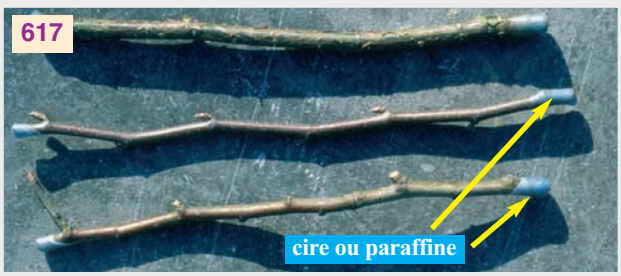
Pour réussir le bouturage, il faut disposer de bonnes boutures.

♣ Une bonne bouture doit être **prélevée sur une plante ou un arbre qui a fait ses preuves** du point de vue des rendements quantitatifs et qualitatifs.

♣ Elle doit être prélevée **sur un pied exempt de maladie et d'attaque parasitaire**. Un examen attentif du pied mère doit être fait, en particulier lorsqu'il y a des risques de virose ou de maladies microbiennes.

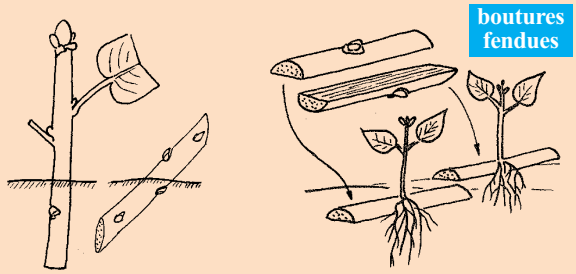
616 Conseils pour le bouturage

- **affiner la terre** et la garder humide en permanence,
- travailler avec des outils et des mains **parfaitement propres**,
- prélever les boutures sur des **plants sains et vigoureux**,
- prélever les boutures **quand il fait frais**, jamais en pleine insolation,
- **planter les boutures sans attendre**, dès qu'elles sont prélevées,
- s'il faut transporter les boutures durant quelques heures, les placer dans un **emballage humide** et frais. Eventuellement, on protège leurs extrémités avec de la paraffine (**617**),
- **ombrager les boutures** plantées et les **arroser** très régulièrement

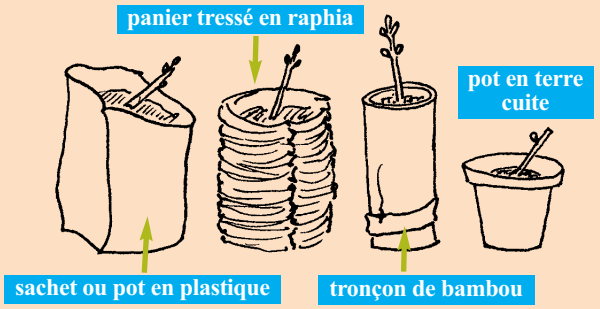


Pour protéger les boutures à transporter, on trempe leurs extrémités dans de la cire ou de la paraffine. Cela évite leur trop rapide dessiccation. On les emballe dans un tissu humide.

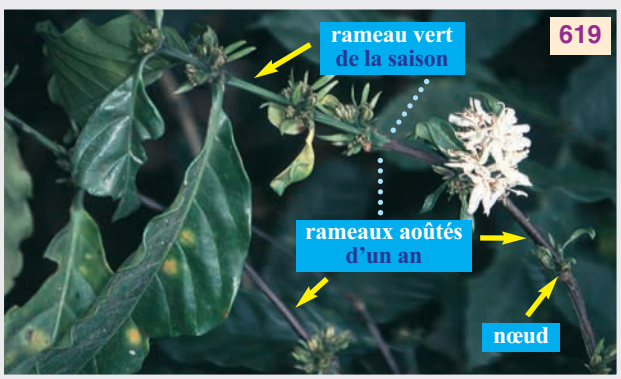
618 Bouturage de rameaux



Les boutures sont plantées verticalement ou obliquement. Parfois, elles sont simplement couchées sur le sol. Si on ne dispose pas de grandes quantités de bois bouturable, on peut tenter de fendre les boutures, comme ci-dessus à droite.



Pour une bonne reprise des boutures, la terre doit être riche en humus, bien ameublie et très régulièrement arrosée.



♣ Elle doit être **bien vivante**. Dans le cas d'arbres ou d'arbustes, il faut que le bois et l'écorce des boutures soient bien formés. L'écorce ne peut cependant pas être trop dure. On dit que le rameau doit être **AOÛTÉ** (**619**). Il n'a pas plus d'un ou deux ans d'âge.

♣ La bouture comporte quelques **bourgeons** capables de se développer en tiges et en racines. Certaines espèces font apparaître des racines sur des **NŒUDS** produisant normalement des jets

foliaires. D'autres produisent des racines à n'importe quel endroit de la portion enterrée ou immergée du rameau, dès que celui-ci est planté dans une terre meuble, fertile et humide. Les bourgeons racinaires se forment alors **dans le cambium** qui se trouve entre le bois et l'écorce. Souvent, on constate que les racines apparaissent à l'extrémité de la bouture, juste entre le bois et l'écorce.

- Elle doit **disposer d'assez de réserves nutritives** afin de pouvoir résister jusqu'au moment où les racines se seront bien implantées dans la terre.
- Après son prélèvement, elle **ne doit pas avoir été attaquée** par les rayons du soleil, les moisissures ou d'autres éléments qui peuvent diminuer sa vitalité. Ce point est à surveiller particulièrement durant le transport des boutures.
- Elle doit être **placée en terre le plus rapidement possible** après son prélèvement, afin de garder toute son humidité.
- Les boutures peuvent comporter un **TIRE-SÈVE**. C'est une feuille ou un petit bouquet de feuilles qui est laissé sur la bouture. Son rôle est d'appeler la sève brute et de produire de la sève élaborée afin de provoquer l'apparition des racines. L'appel de sève encourage le cambium à fabriquer des bourgeons racinaires.

Il existe plusieurs techniques de bouturage. Des expériences sont nécessaires pour vérifier lesquelles sont les plus efficaces pour chaque espèce qu'on tente de bouturer et pour déterminer les meilleures périodes.

La réussite des boutures dépend de nombreuses conditions: sol, humidité, mode de récolte, mode de transport. Certains cultivateurs ne procèdent au bouturage qu'au moment où la lune est ascendante ("allumée à droite").

Les principales précautions à prendre sont relevées au tableau **616**.

Le greffage

Le **GREFFAGE** consiste à combiner les qualités de deux plantes-mères - un porte-greffe et un greffon - en soudant leurs bois et leurs écorces.

Le **PORTE-GREFFE** est généralement un **jeune pied issu d'une graine**. C'est lui qu'on choisit pour fournir l'enracinement et les caractères de **rusticité** et de **résistance** de l'arbre greffé.

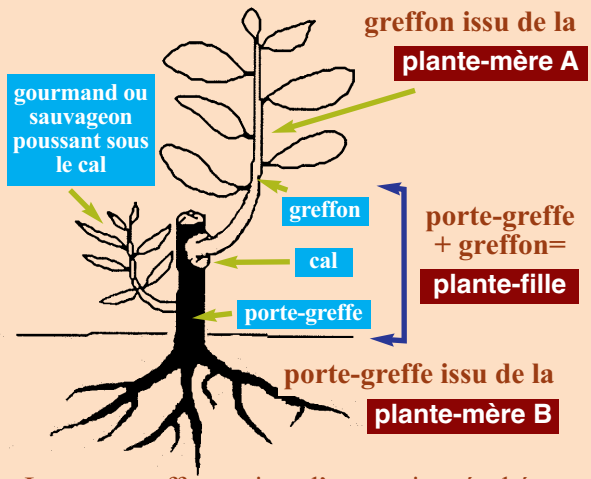
Le **GREFFON** est un morceau de rameau comportant un ou plusieurs bourgeons. Il est choisi sur un pied mère manifestant les grandes **qualités** ou les hauts **rendements** souhaités par le cultivateur.

Après reprise de la greffe, les bourgeons du greffon développent des nouveaux rameaux qui remplaceront la pousse coupée du porte-greffe. Sur le pied greffé, on distinguera toujours le **CAL**, qui est l'endroit précis où a été réalisée la greffe. Avant le greffage, on élimine généralement tous les organes végétatifs pouvant concurrencer le greffon pour l'alimentation en sève, à l'exception du tire-sève éventuel. Lorsque la greffe a pleinement réussi, on élimine le tire-sève ainsi que tous les **GOURMANDS** qui sont des rameaux se développant sous le cal.

Les stations horticoles et les horticulteurs font constamment des recherches. Les résultats obtenus jusqu'à présent le sont surtout sur des espèces largement commercialiées (oranger, man-

620 *Porte-greffe et greffon*

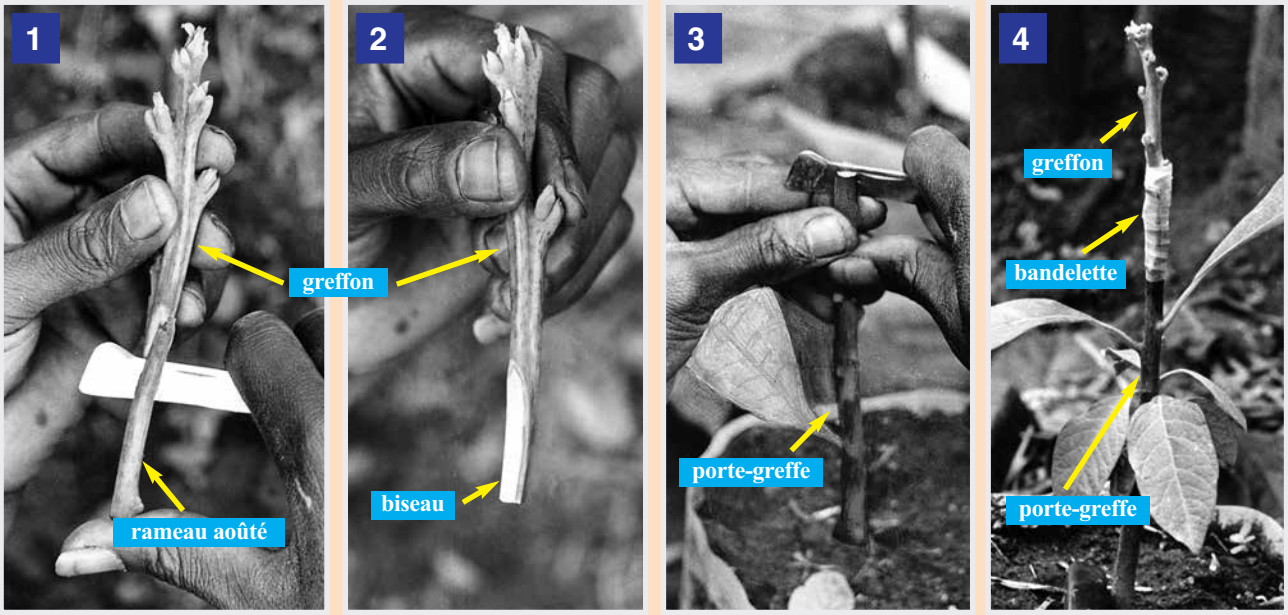
Le greffon est généralement prélevé sur un arbre reconnu pour son rendement élevé et la qualité de ses produits



Le porte-greffe provient d'une graine récoltée sur un plant reconnu pour sa vigueur et sa résistance aux attaques parasitaires, aux maladies et aux conditions climatiques

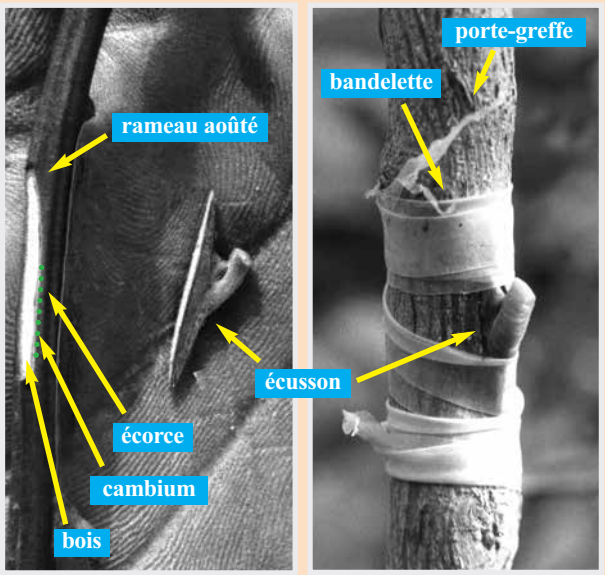


621 Greffage en fente



De gauche à droite: préparation du greffon et taille en biseau (**1** et **2**), réalisation de la fente dans le porte-greffe (**3**), placement du greffon dans la fente et serrage au moyen d'un lien (**4**). Au moins d'un côté (sinon des deux), les cambiums frais situés entre l'écorce et le bois doivent se toucher intimement.

622 Greffage en écusson



A gauche, détachement du greffon en forme d'écusson. A droite, on voit que l'écusson a été glissé entre le bois et l'écorce du porte-greffe, et fortement serré au moyen d'un lien. La propreté doit être absolue, pour éviter l'infection de la zone de contact appelée cambium.

guier, avocatier, caféier, cacaoyer, etc). Mais les espèces traditionnelles des terroirs africains telles que les nérés, les karités, les raisiniers, les gardenias, etc., ont été assez peu étudiées.

La technique du greffage peut être acquise assez facilement par une personne soigneuse et précise, disposant des outils adéquats. Par contre, le choix des variétés qu'on marie par greffage est beaucoup plus difficile. Il suppose des expérimentations portant sur de longues périodes. En effet, le pied qu'on greffe aujourd'hui ne manifestera ses résultats que dans plusieurs années. S'il est intéressant que des cultivateurs tentent de greffer des variétés à titre expérimental, ceux qui, par contre, sont pressés d'obtenir des résultats économiques rapides s'adresseront aux stations agricoles ou à des pépiniéristes chevronnés.

Il existe **plusieurs techniques de greffage**.

- ✓ Le **greffage en fente** consiste à insérer un rameau taillé en biseau dans une fente pratiquée au sommet du porte-greffe, après avoir étêté celui-ci (**621**).
- ✓ Le **greffage en écusson** consiste à insérer une fine portion de rameau comportant un bourgeon, dans une fente pratiquée entre le bois et l'écorce du porte-greffe. Celui-ci sera coupé au-dessus de la greffe, dès que l'écusson aura repris (**622**).

✓ Le **greffage en placage** consiste à appliquer un rameau taillé en oblique contre le porte-greffe dont on a retiré soigneusement une portion d'écorce (623).

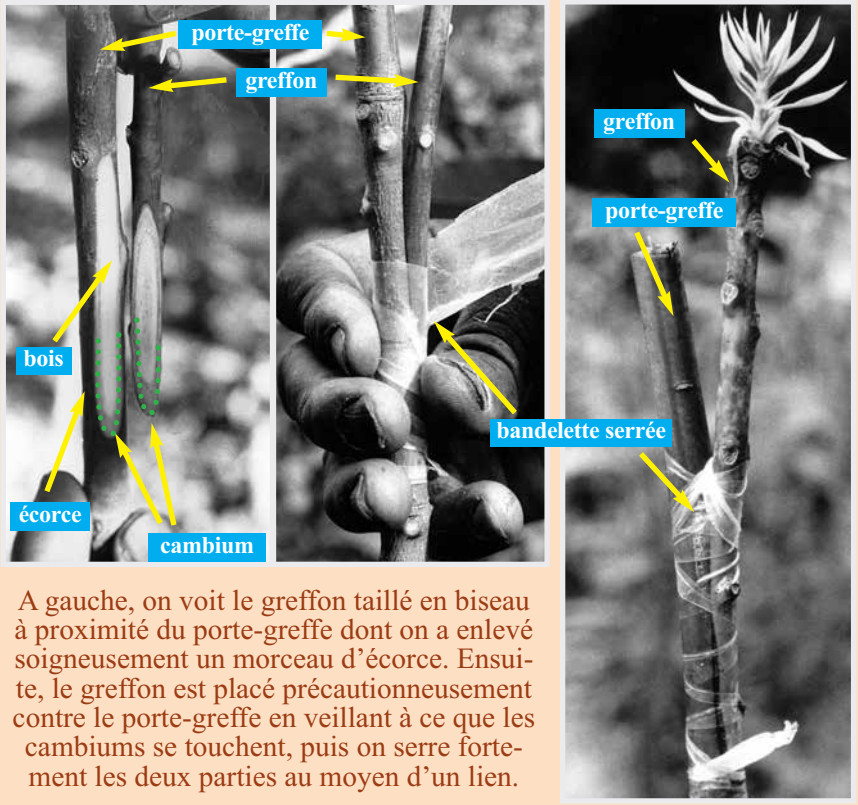
Quelle que soit la technique de greffage, ce qui importe est **que le cambium du greffon et du porte-greffe se trouvent en contact étroit**.

Le **CAMBIUM** est la très fine couche de cellules qui se trouve entre l'écorce et le bois d'une tige ou d'un rameau. C'est de cette couche que naissent le bois (vers l'intérieur) et l'écorce (vers l'extérieur). C'est elle qui peut "souder" le greffon et le porte-greffe et créer le passage des sèves entre ces deux parties de la plante greffée.

Un greffeur averti peut tenter de placer **plusieurs greffons différents sur un même porte-greffe**. Il est possible dans ce cas que le pied fils porte des branches dont les produits auront des qualités différentes. On parle de **SUR-GREFFAGE** lorsque des greffons sont placés sur des arbres adultes.

Pour plus de détails sur les bouturages et les greffages, on consultera *"Jardins et vergers d'Afrique"* ou des ouvrages spécialisés. On consultera aussi les stations de recherche horticoles.

623 ***Greffage en plaquage***



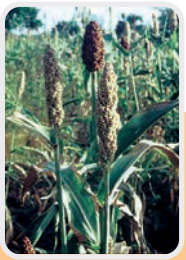
A gauche, on voit le greffon taillé en biseau à proximité du porte-greffe dont on a enlevé soigneusement un morceau d'écorce. Ensuite, le greffon est placé précautionneusement contre le porte-greffe en veillant à ce que les cambiums se touchent, puis on serre fortement les deux parties au moyen d'un lien.

Reproduire par graines ou de façon végétative?

Le **choix** du mode de reproduction pour la culture dépend de toute une série d'éléments:

- ❒ des **modes de reproduction possibles** naturellement ou de façon provoquée, par voie végétative ou sexuée;
- ❒ de la **quantité de semences produites** par les plantes cultivées et de la quantité dont on désire disposer. Il peut se faire que le nombre de graines de qualité produites dans les champs semenciers, pour la variété désirée, soit insuffisant pour couvrir tous les besoins de la plantation. Il faudra alors recourir au bouturage;
- ❒ des **qualités recherchées** pour les plantes filles: doivent-elles être identiques à celles des plantes mères ou différentes? Si les plantes filles doivent avoir les mêmes caractéristiques que les plantes mères, on choisit plutôt la reproduction végétative. Si la similitude des caractéristiques n'est pas essentielle, on choisira plutôt la reproduction par graines;
- ❒ du **calendrier des besoins en semences**. Le bouturage est une méthode rapide de reproduction, lorsqu'il est possible et si on dispose d'assez-d'arbres mères où prélever du bois bouturable;
- ❒ des **facilités** de transport et d'usage. Les semences végétatives sont plus volumineuses que les graines. Elles sont aussi plus sensibles aux risques de dégradations: dessèchement, attaques parasitaires, pourritures,... Les risques sont d'autant plus élevés que le temps et la distance entre le prélèvement et la plantation sont longs.

Quelles sont les plantes de notre milieu qui se reproduisent végétativement? De quelle façon? Quels avantages voyons-nous, pour chaque plante cultivée, à la reproduire végétativement?



Chapitre 26
Les variétés agricoles

Même si elles se ressemblent, les plantes d'une même espèce peuvent différer sur certains points: par la forme des feuilles ou des fleurs, la couleur des graines, la forme des tiges et des racines ou d'autres aspects. Ces différences caractérisent les **VARIÉTÉS** d'une même espèce. Voici par exemple trois variétés d'ignames (**624** à **626**): leurs feuilles sont différentes, mais aussi les tubercules, les besoins alimentaires, les cycles de vie etc. En dessous (**627**), sont exposées six variétés de sorgho, trois variétés de maïs, ainsi que d'autres espèces comme le mil, le riz, le niébé, le pois chiche.

En agriculture, il est important de connaître les caractères de chacune des variétés qu'on cultive. On utilise les **CARACTÈRES VARIÉTAUX** pour choisir et adapter les plantes et les pratiques culturales en fonction des milieux écologiques et économiques des fermes où elles sont cultivées.

Généralement, les variétés d'une même espèce peuvent se féconder entre elles. En se mariant, les caractéristiques des deux variétés se mélangent.

11 variétés de tomates









Trois variétés d'ignames reconnaissables à leurs feuilles



Variétés de sorgho, de maïs, de mil, de riz, de niébé et de pois chiche, cultivées dans la région de Fada N'gourma (Burkina Faso)

Les caractéristiques variétales sont **définies sur plusieurs plans: botanique** (morphologique, anatomique, physiologique), **écologique** et **économique**. Ils peuvent avoir trait à la **production**, à la **consommation**, à la **technologie**.

La désignation des variétés relève tant du monde paysan et de ses propres critères que des techniciens.

Caractériser les variétés agricoles

Le tableau **629** servira aussi bien d'information sur les types de caractéristiques variétales que de questionnement sur les variétés rencontrées sur le terrain.

Plus un exploitant familial dispose de variétés, plus il est à même de bien conduire son activité, car il peut choisir, pour chaque parcelle, la combinaison de plantes et de variétés qui convient le mieux. Pour l'avenir des fermes, il est indispensable de garder le capital de connaissances sur les variétés et de les préserver. Il est bon de n'adopter qu'avec prudence des nouvelles variétés étrangères au terroir, et seulement lorsqu'on est sûr de leur valeur et de leur **durabilité**. Il faut aussi éviter que leur présence ne compromette la biodiversité des gènes existant sur les terroirs. La tendance qui consiste à remplacer les mélanges variétaux traditionnels des fermes par des variétés uniques dites "à hauts rendements", proposées par des services ou des firmes, comporte des risques importants, comme nous le verrons plus loin.

629 Les caractères variétaux: définitions et questions

Critères quantitatifs

♣ Il y a des caractères relatifs aux **rendements quantitatifs** des plantes: la **dimension** et le **volume** de la partie recherchée pour la consommation. Par exemple: la dimension des épis, le nombre de grains sur les épis, la grosseur des tubercules ou des fruits, le nombre de fruits sur l'arbre, la dimension des fibres. Pensons aussi au volume de la partie consommée par rapport à la partie qui est rejetée: la quantité de pulpe des mangues par rapport à la peau, au noyau, ou la quantité de fibres riches en graisse du fruit de palme par rapport à la noix.

Critères qualitatifs

♣ Il y a aussi les caractéristiques du **rendement qualitatif**. Par exemple, le **goût** du produit, la **fermeté** d'un tubercule, la **saveur** de l'ananas, la **solidité** de la fibre de coton, la **résistance** des grains de riz à la brisure lors du décorticage, le **caractère doux ou amer** du manioc, la **richesse d'une graine en protéines**, en **sels minéraux**, en **graisse** ou en **sucre.**

Critères agricoles



♣ Est-ce une variété **tardive** ou une variété **hâtive**? Une variété est dite hâtive ou **précoce** lorsque le temps qui se déroule entre sa germination et la production de ses fruits mûrs est court. Elle est tardive dans le cas contraire.

♣ Est-ce une variété **héliophile** (de soleil) ou une variété **ombrophile** (d'ombre)? Dans le premier cas, on peut la planter en plein soleil, dans le second, il faut lui trouver un milieu ombragé. Ci-dessus, nous voyons une variété d'ombre d'igname utilisant le tronc de karité comme tuteur.

♣ La variété a-t-elle un **enracinement profond** ou **superficiel**?

♣ La variété est-elle **sociable** ou non? Certaines variétés supportent la présence d'autres plantes, d'autres non. Cette caractéristique variétale est importante pour le choix des méthodes culturales. Certaines variétés peuvent être plus que sociables: elles peuvent aider les autres plantes qui les côtoient et créer des synergies d'espèces.

♣ La variété est-elle **rustique**? Elle l'est si elle se défend bien dans son milieu et que la concurrence des autres plantes ne la gêne pas trop dans son développement. La rusticité caractérise les espèces sauvages.

♣ La variété est-elle **résistante aux ravageurs** ou non? La résistance d'une variété doit être étudiée par rapport à chaque ravageur, et plus précisément aux ravageurs qui font des dégâts dans la localité concernée. Rusticité et résistance sont des qualités fréquemment liées entre elles.

La résistance des plantes peut être due à leur capacité de produire dans les feuilles, tiges, fleurs ou fruits, des substances qui gênent la vie des maladies et parasites attaquant les plantes. Elle peut aussi résulter de la forme des plantes: par exemple, lorsqu'il existe des poils qui empêchent les insectes de s'approcher des feuilles, ou des épines qui gênent les oiseaux et les rongeurs.

♣ La variété est-elle ou non **résistante à la sécheresse**? Voici par exemple deux variétés de thèiers (**630**). A droite, une variété non résistante: quatre mois de pluviosité insuffisante l'ont entièrement détruite. A gauche, on voit une variété résistante: au bout des mêmes quatre mois, les arbres sont encore verts.

♣ Est-ce une variété à tiges **dressées**, **rampantes** ou **grimpantes**? Ce caractère est important, notamment lorsqu'il s'agit de planter en association, une plante ne devant pas gêner l'autre. Selon qu'elles soient érigées, rampantes ou grimpantes, les variétés d'une même espèce utilisent différemment la lumière.

♣ Il y a des variétés **plastiques,** ou au contraire **non plastiques**. Elles sont plastiques si elles s'adaptent aux circonstances du climat ou des terres, sans trop souffrir. Par exemple: une variété de maïs est non plastique si 8 jours de sécheresse, au moment de la montaison, l'empêchent de poursuivre son développement normal. Une autre variété est dite plastique si, après ce même nombre de jours de sécheresse, elle arrive encore à reprendre sa croissance pour la suite de son développement sans trop de gêne.

♣ La variété est-elle **bouturable** ou **non bouturable**?

♣ Des variétés peuvent avoir des **grains durs** ou **tendres**. Cela a de l'importance pour la conservation des grains, pour leur mouture et pour leur cuisson.



deux variétés de théier **630**

629 (suite)

♣ La variété est-elle **douce** ou **amère**? Pensons par exemple au cas du manioc dont les tubercules contiennent parfois un acide qui rend leur consommation directe impossible et qui oblige à les faire fermenter dans l'eau.

♣ La variété est-elle **fertile** ou **stérile**? Elle est fertile si elle peut produire des graines qui germent. Elle est stérile lorsqu'elle ne donne pas de graines ou qu'elle donne des graines qui ne germent pas.

Les variétés du maïs, du sorgho, du mil, du riz, de l'avocatier, du cacaoyer, donnent des graines fertiles. Elles peuvent germer. Par contre, le bananier cultivé est stérile, de même que le fraisier, la pomme de terre, l'ananas. On les reproduit uniquement par rejets. Certaines variétés sauvages de bananiers donnent pourtant des graines. D'autres plantes généralement stériles telles que le macabo ou l'ananas arrivent à produire des graines dans des circonstances très particulières.

♣ Quels **usages** fait-on des variétés? Les variétés peuvent être caractérisées selon la façon dont les produits sont utilisés. Par exemple, on parle d'une arachide de bouche ou d'une arachide d'huilerie, l'une étant plus riche en protéines, l'autre contenant proportionnellement plus d'huile. Parlons aussi de la banane douce que l'on mange crue, de la banane à cuire, de la banane à bière, ou alors de la canne à sucre de sucrerie ou de la canne de bouche que l'on consomme comme un fruit.

♣ Pour les arbres, les variétés peuvent être à **hautes tiges** ou à **basses tiges**. Les unes peuvent monter très haut, les autres rester naines. C'est important pour les récoltes. Il faut grimper dans l'arbre pour faire la récolte des fruits lorsque la variété est à hautes tiges. On peut récolter en restant au sol lorsqu'il s'agit d'arbres à basses tiges. Ce caractère haute tige ou basse tige doit aussi être étudié en relation avec les modes de culture que l'on veut pratiquer, comme le montre la figure **631**.

Une semblable distinction peut exister chez les plantes herbacées. Dans le tableau **633**, nous voyons deux variétés de sorgho. L'une s'élève à 2,5 ou 3 mètres de haut, alors que l'autre ne dépasse pas 1,30 mètre.

♣ Les variétés peuvent être **aquatiques** ou non. Certaines variétés apprécient d'avoir les pieds dans l'eau, sporadiquement ou en permanence. D'autres ne le supportent pas. Dans cette optique, le riz est particulièrement riche en variétés de tous types.

♣ La culture du sorgho se fait la plupart du temps sur des terres pluviales, de plaine ou de plateau.


sorgho berbéré

Mais il existe des variétés qui ne peuvent se développer que dans des **bas-fonds inondables**, au moment des décrues. C'est le cas du berbéré que nous voyons ci-contre. Il recourbe sa tige au moment de la maturation des épis.

♣ La variété est-elle **fixée** ou **non fixée** (tableau **633**).

631 Hautes ou basses tiges, selon les circonstances







Sous les palmiers basses tiges, il y a peu de place pour d'autres espèces arbustives. Les variétés hautes tiges laissent plus de place pour la construction de jardins multiétagés.

La sélection et l'amélioration des variétés

Tout naturellement, l'agriculteur trie ses semences en vue d'améliorer les résultats qu'il peut en obtenir. C'est ainsi que, de génération en génération, les espèces et les variétés cultivées se sont améliorées.

Types de sélection

Sélection des graines

Il y a **trois grandes voies traditionnelles** d'amélioration des variétés cultivées reproduites **par graines**:

- la **SÉLECTION MASSALE** consiste à repérer dans les champs les espèces dont les qualités sont les plus intéressantes: rendement quantitatif des plantes, qualités du goût, aptitude à la transformation, résistance aux maladies, etc. Si cela se passe saison après saison, et que **seules les semences des meilleurs plants sont ressemés**, on constate une amélioration progressive de la qualité des semences et de leurs rendements;
- l'**HYBRIDATION** consiste à réaliser des **mélanges de gènes** entre des variétés dont les qualités sont recherchées. On parle aussi de **CROISEMENT** ou de **MÉTISSAGE**. Une plante hybride ou métissée est une plante dont les qualités sont un mélange des qualités paternelles et maternelles.

  La création d'hybrides est un travail de longue haleine. Les résultats ne peuvent être validés qu'au bout de plusieurs générations de plantes. La sélection de variétés hybrides est généralement le fait des stations de recherche ou des sociétés semencières, utilisant plusieurs variétés originaires de différentes régions;
- la **SÉLECTION ADAPTATIVE** consiste à rechercher des variétés dans différentes régions du continent ou du monde, en vue de les **adapter aux conditions de la culture dans un nouveau milieu**. Par exemple, on fait pousser dans une station de recherche d'Afrique de l'Ouest toutes sortes de variétés de sorgho qui viennent d'Afrique centrale, d'Afrique australe, des États-Unis, d'Asie, d'Amérique latine. On observe toutes ces variétés pour voir comment elles se comportent dans la station où on tente de les acclimater.

  Lorsque la sélection adaptative a obtenu des résultats positifs, on peut alors commencer des sélections massales ou des hybridations.

Sélection des semences végétatives

Pour les plantes reproduites par **semences végétatives**, les sélections sont différentes de celles des plantes se reproduisant par graines.

La sélection massale des semences végétatives se fait en observant les plantes selon les critères recherchés tels que décrits aux tableaux **629** et **632**. Lorsqu'on repère des pieds de qualité, on réalise des boutures à partir de ces pieds. Pour les espèces ligneuses, on constitue des **parcs à bois** dont les plants sont spécialement destinés à la récolte de boutures, en vue de la multiplication de pieds ayant tous les mêmes caractéristiques.

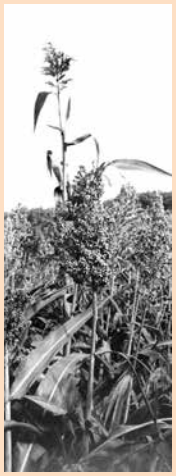
Un parc à bois est nécessaire aussi pour la production de greffons. Les porte-greffes sont obtenus à partir de graines provenant d'arbres ou d'arbustes eux aussi connus et sélectionnés pour leurs qualités.

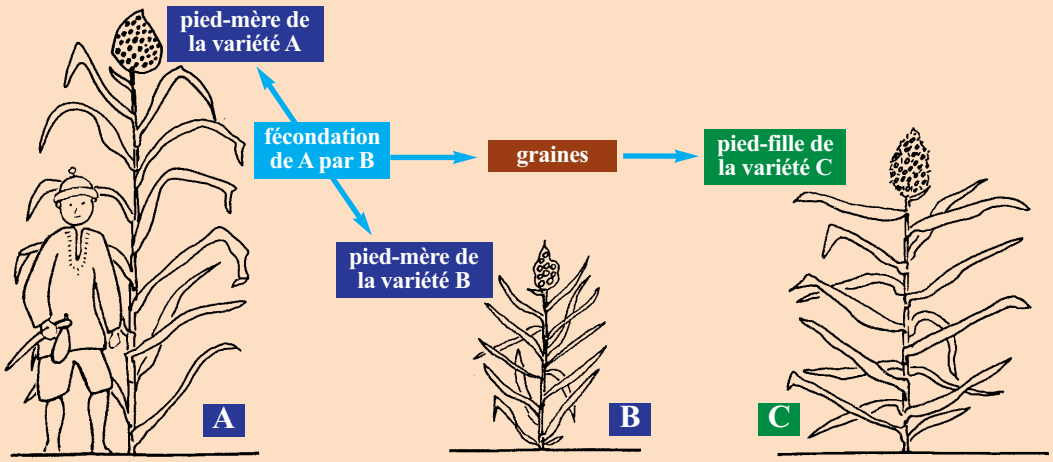
632 Idées de sélections variétales à soumettre à la recherche agricole

L'amélioration des variétés peut poursuivre des objectifs très divers. Voici quelques cas concrets de recherches améliorantes relativement courants:

- ♣ une **céréale** dont les épis sont nombreux et volumineux, dont les grains sont bien attachés à l'épi afin de ne pas tomber sur le sol au moment de la récolte, dont les tiges résistent bien aux vents et aux maladies,
- ♣ un **palmier à huile** dont les régimes sont nombreux, dont les fruits sont riches en huile, dont les noix sont faciles à briser, et dont les tiges sont courtes afin de faciliter les récoltes,
- ♣ une variété de **manioc** dont l'amertume est réduite, produisant beaucoup de tubercules et résistant bien à la mosaïque,
- ♣ une variété de **riz pluvial** très productive, que l'on peut semer précocement et dont la durée de vie est assez brève,
- ♣ une variété de **maïs** dont les grains sont tendres et doivent être cuits moins longtemps que les grains durs,
- ♣ une variété de **fourrage** dont les feuilles sont plus abondantes et plus tendres que celles des variétés spontanées,
- ♣ une variété de **haricot** qui s'associe facilement avec d'autres plantes.

633 Exemple d'hybridation: deux variétés de sorgho





La variété **A** de sorgho a des graines rouges, des feuilles larges et pendantes et une haute tige. Ses épis sont grands mais clairsemés, elle est sensible à la sécheresse et résiste peu aux attaques des foreuses de tiges.

La variété **B** de sorgho a des graines blanches, des feuilles érigées assez étroites, une tige courte. Ses épis sont moyens et peu serrés. C'est une variété rustique et précoce.

La variété **C** est l'hybride de **A** et **B**. Sa tige est moins élevée que celle de **A**. Sa résistance aux attaques est meilleure que celle de **A**, mais elle n'a pas acquis le caractère précoce de **B**. Ses épis sont volumineux.

Si le choix des variétés mères est judicieux, la **variété hybride C** est peut-être plus intéressante en culture. On l'appelle alors **variété améliorée**.

variété hybride fixée

Le croisement des variétés **A** et **B** entre elles donne des plantes métisses **C**. Si deux pieds **C** se croisent et que les pieds-filles ont des caractéristiques identiques, et cela de génération en génération, on dit que l'hybride est fixé.

variété hybride non fixée

S'il n'est pas assuré que la fécondation de deux plants **C** entre eux donnera des pieds ayant les mêmes caractéristiques que leurs parents, mais qu'ils retrouveront les caractères de **A** et de **B**, on dit que la variété hybride est non fixée.

Les caractéristiques obtenues en croisant **C** avec une quelconque autre variété seront toujours différentes de celles de l'hybride ou des pieds-mères.

D'une façon générale, la sélection et l'amélioration des variétés et des semences peuvent être faites sur tous les caractères variétaux signalés au début de ce chapitre. Pour qu'elles soient adaptées, il faut que les agriculteurs et les chercheurs **choisissent ensemble les améliorations qui les intéressent**. Sinon, le travail de sélection et d'amélioration peut déboucher sur la mise au point par les chercheurs de semences dites "améliorées" qui sont moins efficaces dans les champs que celles fournies par les variétés locales, ou alors des variétés qui n'intéressent pas les cultivateurs.

Le travail de sélection et d'amélioration doit être effectué **à proximité des fermes**, afin d'être adapté aux besoins, aux objectifs et aux conditions de travail des fermiers.

Quelles variétés apprécions-nous le plus chez les espèces que nous cultivons? Comment pouvons-nous les obtenir à la ferme, dans les stations agricoles, dans les commerces? Quelles sélections aimerions-nous? Que demanderions-nous aux chercheurs pour améliorer nos variétés dans le cadre de nos économies familales?

Chapitre 27
Les semences et les exploitations familiales



Une bonne semence agricole est celle qui se développe bien dans un contexte écologique donné. Elle n'est jamais "bonne" ou "mauvaise" dans l'absolu. Elle ne peut être caractérisée que par rapport au système de production dans lequel on lui demande d'exprimer son potentiel. C'est pourquoi, dans les pages qui suivent, nous allons envisager **plusieurs contextes** observables sur le continent. Nous parlerons ensuite des évolutions "modernistes" dans le domaine des semences.

Envisageons **trois contextes** différents:

- celui des **fermes familiales africaines** qui se limitent, à peu de choses près, à exploiter les ressources disponibles sur le terroir lui-même, et n'ayant que peu ou pas la possibilité d'acheter des facteurs de production hors du terroir (**634**);
- celui des **exploitations agricoles moyennes, bien intégrées** dans les circuits commerciaux (**635**);
- celui des grandes **exploitations agricoles entièrement intégrées** dans les économies industrielles et commerciales et travaillant généralement sous contrat avec des firmes multinationales (**636**).

Semences et systèmes d'exploitation

Exploitations familiales traditionnelles

Les exploitations familiales ont traditionnellement produit et adapté leurs propres semences, avec plus ou moins de bonheur ou de difficultés liés au climat, aux pathologies et surtout aux contextes économiques et politiques.

Productions semencières traditionnelles

Dans la masse des produits récoltés, une partie des graines était réservée comme semences pour la campagne agricole suivante. Quant aux semences végétatives, elles étaient prélevées dans la ferme ou dans les terroirs environnants et replantées immédiatement. Les variétés étaient spontanément fixées et les transformations ou améliorations variétales étaient peu fréquentes. Les semences les plus efficaces étaient celles qui s'adaptaient à la biodiversité ambiante: associations culturales, présence d'arbres dans les champs, contexte parasitaire actif, peu ou mal contrôlé.

Dans ces contextes, le choix des cultivateurs ou des cultivatrices se portait souvent sur des mélanges variétaux d'une même espèce, ou sur des mélanges d'espèces différentes.

Les **critères de choix** des semences étaient donc les suivants:

- ⇨ possibilité de **production fermière et autonome** des semences,
- ⇨ performances des variétés dans des **milieux très biodiversifiés**,
- ⇨ **complémentarités** des productions (alimentation, fibres, bois, médicaments,...),
- ⇨ **rusticité** des semences,
- ⇨ **étalement** des productions dans le temps,
- ⇨ adaptation des mélanges semenciers selon les **types de sol** ensemencés,
- ⇨ répartition des **risques**. Un ensemble de variétés bien choisies résiste mieux, globalement, aux variations climatiques ou aux attaques parasitaires qu'une variété semée isolément. Lorsqu'une variété est en difficulté, une autre prend le dessus, ou inversement.

Dans les contextes démographiques, fonciers et climatiques anciens, le mode de gestion traditionnel des semences s'est montré performant et durable. Mais sous la pression des économies monétarisées, des exigences de production commerciale, de l'urbanisation, de l'exode rural, de la paupérisation des communautés rurales, les systèmes de production semenciers ont été perturbés.

Évolutions

L'évolution du monde agricole mène à des dépendances accrues des fermiers. Les possibilités d'utiliser les semences fermières ont diminué. Plusieurs raisons expliquent cette évolution.

Évolutions liées aux technologies et à la recherche agricole

➥ Lorsque les grandes cultures d'exportation comme le coton, l'arachide, le palmier à huile, etc... se sont imposées, les semences ont été fournies dans le cadre de **filières organisées** et de **paquets technologiques** précis. Ces paquets ont été associés à des **crédits** de campagne.

Les systèmes traditionnels de production de semences n'étaient pas à même de répondre aux besoins semenciers dans le cadre de ces filières. La dépendance des exploitants familiaux s'est donc grandement accrue, avec des avantages et des inconvénients.

Parmi les avantages, on note les **accroissements de productivité** qui ont été permis grâce aux semences améliorées fournies par les services. Ces accroissements ne sont cependant possibles que si des règles assez strictes sont respectées.

Parmi les inconvénients, il y a une certaine **perte d'autonomie** et une **faible maîtrise des circuits de distribution semenciers**. Il y a aussi une baisse sensible de la biodiversité, et des exigences financières accrues difficiles à supporter lorsque les familles sont pauvres.

➥ Dans le **domaine maraîcher**, de nouvelles espèces de légumes et de fruits se sont imposées pour satisfaire les consommateurs urbains. Souvent, les graines de ces nouveautés ne peuvent être ni produites, ni acquises dans le milieu lui-même. Les maraîchers et les fruticulteurs sont donc soumis aux **aléas de la distribution des intrants agricoles**.

➥ Les **exigences des consommateurs** et des intermédiaires se sont accrues. Les produits maraîchers ou horticoles vendus pour l'exportation doivent être de bien meilleure qualité que les produits commercialisés et consommés localement.

634 *Contexte des exploitations utilisant principalement les ressources de terroirs*

Les semences et l'essentiel des facteurs de production sont produits dans le terroir de la ferme ou dans l'économie villageoise.

- ❒ Une grande partie des travaux, sinon tous, est réalisée manuellement. La mécanisation est limitée à quelques opérations telles que le labour et le semis.
- ❒ Les semences sont produites chaque année à la ferme.
- ❒ La fertilité naturelle et des apports de fumier organique provenant de la ferme ou du terroir sont seuls à nourrir les plantes cultivées.
- ❒ Peu de facteurs de production sont achetés à l'extérieur de l'exploitation, tels que engrais ou pesticides.
- ❒ Seule est possible l'utilisation de pesticides naturels produits à la ferme ou dans son environnement.
- ❒ L'espèce (ou les espèces) cultivée se développe dans un contexte biodiversifié.
- ❒ Des concurrences entre espèces, des complémentarités, ou même des synergies peuvent se manifester dans le champ.
- ❒ Les variétés cultivées sont rustiques.
- ❒ Les produits récoltés sur une même parcelle sont souvent diversifiés.
- ❒ La présence de "mauvaises herbes" participe à la fertilisation organique du sol.

Dans cette agriculture de terroir, l'agriculteur est peu dépendant du marché pour l'achat de ses facteurs de production. Les quantités de produits que la ferme peut vendre sont assez limités: les recettes et les dépenses monétaires sont faibles.

L'équilibre entre les différents éléments du milieu vivant (insectes, oiseaux, micro-organismes, plantes diverses) est peu gêné. Le milieu vivant est respecté dans son ensemble, sauf si le feu ou l'homme lui-même le maltraite.

➥ La recherche agricole et les services techniques publics ou privés ont vulgarisé de très nombreuses variétés sélectionnées qui devaient fournir des résultats significatifs sur les rendements agricoles. Certaines variétés génétiquement fixées se sont très bien adaptées, d'autres ont **dilué leurs gènes** dans les milieux lors de fécondations aléatoires.

Évolutions liées à l'économie

➤ Des **famines** règnent en périodes de soudure. Les familles sont alors amenées à consommer les graines qu'elles avaient réservées pour ensemencer leurs champs lors de la campagne suivante.

Les **PÉRIODES DE SOUDURE** se situent le plus souvent en début de période pluvieuse, lorsque les stocks alimentaires de la saison précédente sont épuisés, et que les nouvelles cultures - en cours de croissance - n'ont encore rien produit.

Lorsque les familles consomment leurs stocks de semences, elles **dépendent aléatoirement** de ce que l'État ou l'aide extérieure va leur fournir comme semences. Ces dernières ne sont pas toujours adaptées aux conditions locales. De plus, la rigueur des périodes de soudure provoque des **migrations**, et la remise en culture des terres, lorsque les pluies reviennent, peut être compromise. Il est de plus en plus fréquent que les cultivateurs utilisent les grains fournis par l'aide alimentaire internationale. Ces grains sont rarement adaptés aux conditions locales. En outre, de plus en plus de firmes et d'institutions internationales fournissent des grains de variétés génétiquement modifiées dont la culture entraîne des risques incontrôlables (voir plus loin).

➤ Il arrive que des **commerçants** achètent les graines à des prix relativement élevés, au moment des récoltes, pour les stocker et pour les vendre plus tard - par exemple en période de soudure - à des prix beaucoup plus élevés. Ces pratiques épuisent les stocks de semences fermières, lorsque le cultivateur, soumis à des besoins financiers importants, est acculé à vendre ses graines.

➤ Dans certaines régions, des **firmes semencières** - parfois des projets soutenus par l'État ou les institutions internationales - **achètent** les semences des variétés locales afin de les remplacer par la suite par leurs propres semences et afin de mettre les producteurs sous tutelle. Cela s'appelle la **purification semencière**. Les cultivateurs, ne disposant plus de leurs variétés locales, seront obligés ultérieurement d'acheter les semences auprès desdites firmes. Encore faut-il qu'ils en aient les ressources financières.

➤ De plus en plus, des firmes et des projets agricoles cherchent à imposer les semences de leurs **variétés génétiquement modifiées** (OGM). L'exploitant qui s'engage à utiliser ce type de variétés n'est pas toujours conscient des contraintes qui lui seront imposées, tant pour ce qui est de l'approvisionnement en semences, que des modes de cultures et des intrants chimiques qu'il sera obligé d'utiliser (voir tableau **636**). L'utilisation de ces semences se fait **sous contrats**. Le non-respect des clauses du contrat peut conduire à des poursuites judiciaires de la part des firmes qui fournissent les semences et les crédits de campagne correspondants.

Exploitations familiales moyennement intégrées

Beaucoup d'exploitations familiales **visent simultanément l'autosuffisance et la commercialisation** des produits en vue d'obtenir des ressources monétaires. Une partie des semences est alors produite à la ferme, de façon traditionnelle, une autre provient du commerce, des structures d'encadrement technique ou des stations de recherche.

La cohabitation entre les variétés d'origines différentes peut être préoccupante. Les variétés sélectionnées et diffusées par les chercheurs ou les firmes semencières sont souvent **exigeantes**:

❒ elles **ne s'adaptent pas nécessairement dans les contextes de grande biodiversité** culturale des fermes. Elles s'expriment mieux en culture pure qu'en cultures associées ou en agroforesterie;

❒ les graines provenant de variétés sélectionnées par la recherche et semées dans l'exploitation ne sont pas toujours fixées. Il est alors nécessaire de **racheter des semences à chaque campagne agricole**. Le cultivateur doit donc disposer des ressources financières nécessaires à ce rachat, ou pouvoir disposer de crédits de campagne;

❒ pour exprimer leurs performances, les variétés sélectionnées exigent plus de **travaux d'entretien** et aussi plus d'**intrants** achetés que les variétés rustiques traditionnelles. Le coût monétaire des travaux et des intrants doit donc être pris en compte.

Lorsqu'il s'agit de choisir des semences sélectionnées pour leurs hauts rendements en vue de les cultiver dans des exploitations moyennement intégrées dans les circuits commerciaux, les **critères** sont les suivants:

✓ les **performances** quantitatives et qualitatives de la variété améliorée: sont-elles supérieures à celles des mélanges variétaux produits à la ferme?

✓ les **disponibilités financières**: la ferme disposera-t-elle à chaque saison culturale des finances nécessaires pour racheter ses semences?

✓ l'**adaptation environnementale**: les modes de culture exigés par la variété sélectionnée sont-ils favorables ou défavorables à l'**environnement** et sa biodiversité?

✓ le **marché**: les **circuits commerciaux** sont-ils correctement organisés, d'une part pour l'**écoulement** des produits issus des semences sélectionnées, d'autre part pour un **approvisionnement** régulier en semences et en intrants achetés?

✓ les **risques culturaux**: ils sont liés au climat ou aux parasites. Les risques sont-ils mieux ou moins bien couverts par les variétés produites dans les circuits du commerce ou de la recherche que par les semences fermières?

Les critères que nous venons d'évoquer s'appliquent différemment selon les espèces et leurs modes de multiplication:

✗ pour toutes les **espèces qui se reproduisent végétativement**, les plantes filles gardent les caractères des plantes mères. Une variété sélectionnée qui s'est bien adaptée dans le contexte de la ferme peut y être multipliée sans perdre ses performances d'une génération à l'autre (bananier, pomme de terre, ail, manioc, patate douce, etc.);

✗ lorsqu'il s'agit de **cultures maraîchères** d'origines allochtones, le coût de la semence est souvent réduit par rapport à ce que rapporte la culture. Il y a donc avantage à acheter les graines des centres de production semencière spécialisés;

✗ s'il s'agit de **grandes cultures** telles que le riz, le sorgho, le mil, le coton, etc., les besoins semenciers sont importants. L'utilisation de semences sélectionnées exige des grands moyens financiers. Le cultivateur doit être assuré de disposer de ces moyens chaque année, surtout si la variété sélectionnée mise en culture est mal fixée (riz, maïs, mil, sorgho, arachide, coton, etc.).

635 *Contexte des moyennes exploitations bien intégrées dans les circuits commerciaux*

Une grande partie des facteurs de production est achetée dans les firmes spécialisées, en dehors des terroirs. Les besoins financiers sont importants. La part de produits autoconsommés est faible.

- ❒ Les travaux culturaux sont entièrement mécanisés.
- ❒ Les semences sont achetées chaque année dans les firmes ou les stations spécialisées.
- ❒ La lutte contre les plantes adventices se fait en grande partie au moyen d'herbicides.
- ❒ Une bonne partie des facteurs de production est achetée: semences, engrais, pesticides, en particulier, et eau, parfois, lorsqu'on irrigue.
- ❒ Il y a peu de concurrence entre espèces mais il n'existe ni complémentarités, ni synergies d'espèces au niveau des champs.
- ❒ La biodiversité convient mal aux variétés cultivées intensivement.
- ❒ Les variétés hautement productives sont souvent peu rustiques.
- ❒ Les variétés à haut rendement exportent de grandes quantités de minéraux hors du champ. Il faut donc les remplacer par des intrants achetés.
- ❒ Les variétés à haut rendement sont souvent sensibles aux parasites. Il est donc nécessaire de les traiter assez fréquemment.

Dans cette agriculture commerciale, l'agriculteur est entièrement dépendant du commerce, tant pour l'achat des facteurs de production et des machines que pour la vente de ses récoltes.

L'équilibre naturel est remplacé par un équilibre artificiel rendu possible par l'usage de produits chimiques. La plante ne doit plus être aussi intimement adaptée à son milieu pour se développer et produire.

Exploitations entièrement intégrées commercialement

Certains systèmes de production sont entièrement intégrés dans les circuits commerciaux, qu'il s'agisse d'**acheter** les facteurs comme les semences, les engrais, les pesticides, les machines, les carburants, etc., ou de **vendre** la production. Du **crédit** est nécessaire pour que le système d'exploitation puisse fonctionner sans encombre. Les exploitations sont très **dépendantes des banques**.

L'autosuffisance alimentaire familiale n'est pas visée par ces systèmes de production. La biodiversité n'est pas recherchée. Au contraire, **l'exploitant simplifie** ses méthodes de travail. Il s'engage dans les pratiques de cultures pures d'espèces, peu nombreuses, établies dans des rotations régulières. La **mécanisation est primordiale** et la main-d'œuvre est limitée au minimum possible.

Dans ces exploitations, le choix des semences se fait **dans le cadre de filières** précises dont le fonctionnement est imposé par des règles fixées par les sociétés agro-industrielles. Celles-ci se fondent sur des **critères purement commerciaux et financiers**. Le responsable de l'exploitation ne dispose de quasi aucune liberté de décision. Ses choix et ses activités journalières dans les terres sont élaborés de façon informatisée.

Ce type d'exploitation répond quantitativement à la demande de produits agricoles dans des pays largement industrialisés et urbanisés. Leur population travaillant dans l'agriculture a fortement diminué (1 à 5% de la population totale) et leurs activités économiques fonctionnent de façon très intégrée. Dans les contextes africains d'agricultures paysannes et familiales, les circuits de distribution des facteurs de production, de crédit et de commercialisation des produits sont souvent trop irréguliers, sinon aléatoires, pour permettre la mise en place de telles exploitations.

Ajoutons que le mode d'exploitation entièrement intégré en fonction des critères de rendement financier, s'il permet de produire des aliments en grande quantité, laisse souvent à désirer sur le plan de la qualité des produits.

Notes

636 *Contexte des grandes exploitations agro-industrielles*

Tous les facteurs de production saisonniers sont achetés aux firmes agro-alimentaires (semences, engrais, produits phytosanitaires). Les exploitations sont entièrement dépendantes de ces firmes pour ces achats et sont liées aux banques pour le financement de leurs activités.

- ❒ Le sol est considéré comme un simple support pour les cultures. Sa fertilité est artificialisée au moyen d'intrants chimiques achetés, visant à nourrir directement les plantes plus que les sols.
- ❒ Les travaux agricoles sont hautement mécanisés.
- ❒ L'agriculteur travaille sous contrat avec une firme agrochimique souvent associée à une banque.
- ❒ L'exploitant obtient ses semences dans le cadre de paquets technologiques complets avec imposition de règles de mise en culture, d'entretien, de récolte et de commercialisation des produits.
- ❒ Les complémentarités et les synergies entre espèces complantées ne sont pas tolérées dans le cadre des contrats technologiques.
- ❒ La biodiversité est combattue ou du moins placée au second plan par rapport aux critères de la rentabilité financière.
- ❒ Si les risques pathologiques sont couverts par l'utilisation de plusieurs types d'intrants chimiques, les risques climatiques sont par contre mal pris en compte.
- ❒ Un herbicide vendu avec la semence est appliqué pour éliminer toutes les plantes à l'exception de la variété cultivée.
- ❒ Les firmes distribuant les semences d'OGM refusent aux cultivateurs le droit de reproduire ces semences sous peine de poursuites judiciaires.
- ❒ Parfois, les firmes semencières insèrent dans les semences des gènes empêchant la reproduction.

Dans les champs de ce type d'exploitation, tout est artificialisé et simplifié. Plus rien n'est laissé au hasard, si ce ne sont les facteurs climatiques et les risques financiers assumés par l'exploitant.

L'agriculteur est entièrement dépendant d'une firme multinationale avec laquelle il est lié contractuellement.

Évolutions dans le domaine des semences

Tendances “modernistes”

Contexte économique

Au cours des dernières décennies, les grandes firmes multinationales, appuyées par des institutions internationales, les universités et des États, ont développé de nouvelles techniques de sélection variétale qui s’insèrent dans le cadre des systèmes de production des pays industrialisés. Ces **nouvelles technologies** produisent des variétés intéressantes pour des **contextes** caractérisés comme suit:

- **grandes cultures à caractère commercial** orientées vers les marchés nationaux ou internationaux, dans le cadre de la mondialisation du commerce des produits agricoles;
- **orientation productiviste** visant à valoriser au maximum les rendements quantitatifs de la terre et surtout le **rapport financier** de l’argent investi dans la ferme;
- liaison de plus en plus étroite entre les exploitations agricoles et le **secteur bancaire**;
- **grande mécanisation** et **faible main-d’œuvre** d’exploitation;
- forte utilisation d’**intrants chimiques**;
- **utilisation abondante, parfois gaspilleuse**, **de l’eau**. Les enjeux sur les ressources en eau deviennent **source de conflits** locaux, régionaux ou internationaux;
- **soutiens financiers** directs ou indirects des États à leurs agriculteurs;
- **non prise en compte des coûts de la pollution** des milieux de vie par l’utilisation des produits chimiques;
- intégration de plus en plus poussée des firmes agro-industrielles dans le contexte de la **mondialisation** et des règles du libre-échange, avec une accentuation parfois forcenée de la compétitivité et des **guerres commerciales**;
- **contrôle** accentué des firmes multinationales **sur des ensembles de facteurs de production**: semences, intrants agricoles, finances. Les agriculteurs n’ont plus qu’à appliquer, sans marges de manœuvre, des processus technologiques décidés par les firmes dont ils dépendent;
- **privatisation des services de vulgarisation.** Les programmes de vulgarisation agricole sont souvent établis par des firmes - ou leurs bureaux d’études - ayant à cœur de commercialiser leurs propres intrants. Les services étatiques préservent difficilement leur indépendance par rapport à ces grandes firmes.

Ces tendances se manifestent dans les pays les plus riches de la planète. Les programmes de coopération et d’ajustements structurels se situent par rapport à ces logiques d’agriculture plus que par rapport aux logiques réalistes des exploitations familiales africaines.

Mondialisation

La mondialisation de l’économie impose la libre circulation des produits agricoles entre tous les pays. Mais la plupart des secteurs agro-industriels sont subventionnés directement ou indirectement:

- par des **aides directes des États** riches grâce à des subventions aux agriculteurs. Ces subventions visent à favoriser certaines productions, à soutenir les revenus des agriculteurs ou à encourager leurs exportations à bon marché;
- par des **aides indirectes** des États riches à leurs agriculteurs. Cela se passe par exemple à travers le prix des carburants utilisés à la ferme, ou lorsque les coûts de la pollution du milieu par les substances chimiques utilisées en agriculture ne sont pas pris en compte dans le prix des produits agricoles.

En l’**absence d’aides des États africains** à leurs agriculteurs, ceux-ci sont soumis à de très **rudes concurrences** de la part des pays bénéficiant de ces subventions ou commercialisant leurs produits à des prix imbattables, souvent des prix de **dumping** (vente en dessous des coûts réels de production et de transports).

D’énormes enjeux économiques se jouent entre les firmes et les États pour le contrôle des semences des principales cultures indispensables à l’économie mondiale: riz, froment, maïs, soja, coton, banane, etc. Il s’agit d’enjeux économiques et commerciaux qui ne laissent malheureusement pas de place à l’économie sociale. De **nombreuses questions** se posent donc quant au choix des semences dans les fermes familiales. Elles sont résumées au tableau **637**.

Notes

Biotechnologies et OGM

Manipulations génétiques

Dans les pays industrialisés, les tendances actuelles en matière d'améliorations variétales sont liées à la **BIOTECHNOLOGIE** et aux **MANIPULATIONS GÉNÉTIQUES**. Il s'agit de prélever des gènes très spécifiques d'une espèce ou d'une variété, pour les **introduire dans le capital génétique** d'une autre.

Pour procéder à ce qu'ils pensent être une amélioration variétale chez une espèce A, les biotechnologues vont prélever, chez une autre espèce B, un gène (ou plusieurs) qui les intéresse. Ils le placent ensuite dans un embryon de l'espèce A. Celui-ci se développe et donne un pied de la variété A, modifié. C'est ainsi que sont fabriqués les **OGM,** ou **organismes génétiquement modifiés**. Il existe par exemple des variétés de maïs qui contiennent un capital génétique modifié favorisant la résistance des plants à l'invasion de la pyrale foreuse de tiges. Autre exemple, on fabrique des variétés maraîchères - des tomates, par exemple -, qui résitent à un herbicide généraliste. Celui-ci va tuer toutes les espèces adventices (mauvaises herbes) autour des pieds de tomates, sans tuer ceux-ci.

Les connaissances scientifiques dans le domaine biotechnologique sont telles que, parfois, des transferts génétiques sont effectués **entre espèces totalement différentes**.

Utilisation des OGM

L'utilisation des OGM dans le cadre des exploitations familiales africaines pose un certain nombre de problèmes, compte tenu de leurs contextes économiques et techniques.

L'expression des potentialités d'une variété d'OGM existe dans un contexte d'agriculture intensive. Celle-ci est marquée par la prédominance de facteurs de production achetés et elle est conduite dans des **milieux très artificialisés**.

Les OGM ne sont efficients que dans le cadre de "**paquets technologiques**" conçus par les firmes qui les diffusent. Certains paquets comportent simultanément les semences et les pesticides qui doivent les accompagner, et sont inclus dans des programmes de crédits de campagnes.

L'imposition de paquets technologiques par les firmes multinationales est rarement favorable aux exploitations familiales. Il y a une **perte d'autonomie** de l'exploitant qui n'a plus de possibilité de concertation avec les fournisseurs de semences. En outre, les **objectifs de l'autosuffisance familiale sont mal pris en compte**, en particulier eu égard aux besoins d'une alimentation diversifiée.

L'imposition de paquets technologiques est **coûteuse**: les firmes et leurs intermédiaires prélèvent des marges importantes destinées à payer les brevets, les frais de recherche et les frais de distribution. Les **risques agricoles et économiques sont élevés** pour les familles, en cas d'échecs résultant d'autres facteurs du milieu que ceux auxquels sont sensés répondre les paquets technologiques (par exemple, les catastrophes climatiques).

Les semences d'**OGM sont brevetées** par les firmes qui les produisent. Les agriculteurs qui tentent de semer les graines produites par les pieds d'OGM qu'ils ont cultivés risquent des **poursuites en justice**. Certaines des variétés d'OGM sont assorties d'un gène dit "terminator" qui rend leurs graines stériles.

La mondialisation de l'économie impose la **libre circulation des produits agricoles** entre tous les pays. Les variétés issues d'OGM ayant une forte productivité, leurs coûts de production sont faibles et très concurrentiels. En l'absence de mesures de protection des exploitations familiales, les producteurs des pays industrialisés sont capables de vendre leurs produits aux consommateurs africains à des prix défiant toute concurrence. Cela renforce les difficultés des cultivateurs familiaux.

Banques de gènes et brevetage du vivant

Une **BANQUE DE GÈNES** est un lieu dans lequel sont conservés des gènes prélevés dans le milieu naturel ou agricole. Ces banques sont constituées pour **plusieurs raisons**:

- ⇨ on cherche à conserver des gènes prélevés dans la nature en fonction de ce qu'ils pourraient apporter dans le futur pour des **croisements** ou pour des **modifications génétiques** d'autres espèces ou d'autres variétés que celles sur lesquelles ont été faits les prélèvements;
- ⇨ on cherche à conserver le potentiel d'**anciennes variétés agricoles**, afin d'**éviter leur disparition** définitive;
- ⇨ on tente de garder les traces génétiques d'espèces en voie de disparition, par exemple dans l'optique du **maintien de la biodiversité**;
- ⇨ on cherche à connaître les combinaisons géniques qu'il est possible de réaliser, dans des buts de **recherche** ou d'**exploitation commerciale**.

Les banques de gènes sont organisées par les États ou par des firmes internationales. Les gènes qui y sont conservés sont susceptibles d'être utilisés dans le cadre de **modifications génétiques** telles qu'expliquées plus haut.

Les firmes qui constituent ces banques de gènes ont tendance à prendre des **brevets** enregistrés dans les grands pays, afin de pouvoir en faire des usages exclusifs lors de leurs expériences de croisements d'espèces et de variétés. On appelle cela le **BREVETAGE DU VIVANT**.

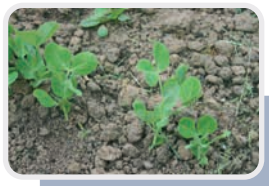
Le brevetage de ce qui a été inventé par la nature est **contestable**. Il faut se poser des questions quant au droit que s'arrogent certaines firmes lorsque, par des voies juridiques, elles empêchent les communautés chez lesquelles les prélèvements ont été faits d'exploiter les ressources génétiques naturelles.

Quel est le contexte économique et écologique de nos exploitations? Quels sont les avantages et les inconvénients des différents types de semences que nous pouvons obtenir? Quelles sont les conditions à mettre en place dans les terres ou les jardins, lorsqu'on introduit de nouvelles variétés de semences?

637 Questions autour des semences

- ✔ Comment un exploitant familial vivant dans un milieu écologique difficile peut-il **résister à la concurrence** des firmes agro-industrielles?
- ✔ Comment un exploitant fait-il pour **maintenir au travail la main-d'œuvre familiale**?
- ✔ Comment des États économiquement faibles et soumis aux volontés de puissances dominantes peuvent-ils **favoriser leurs propres exploitants**?
- ✔ Quelles **motivations un exploitant familial africain** a-t-il d'améliorer son exploitation lorsqu'il trouve plus facilement l'aide alimentaire ou les produits à très bon marché que les semences dont il a besoin localement pour assurer sa subsistance?
- ✔ Comment fait-il pour **sortir du cycle infernal de l'appauvrissement** lorsqu'il n'existe pas d'espace de concertation sur les questions qui le concernent?
- ✔ Comment trouver les **moyens financiers** pour le développement des exploitations agricoles?
- ✔ Quels sont les **risques** pour l'exploitant de s'intégrer dans un tel contexte? Sur le plan de la diversité de la production? Sur le plan de l'économie sociale impliquant une importante main-d'œuvre? Sur le plan de l'**autosuffisance alimentaire familiale**?
- ✔ Quels avantages les exploitants familiaux ont-ils à ne plus produire leurs propres semences? Quels avantages les pays ont-ils à ne plus produire leurs **semences** essentielles?
- ✔ Quels avantages les exploitants ont-ils à se mettre sous la **dépendance** de firmes qui imposent leurs brevets dans des régions rurales qu'elles ne connaissent pas?
- ✔ Dans quels espaces de négociation les exploitants familiaux africains peuvent-ils **faire entendre leurs voix** par rapport aux concurrences déloyales qui s'organisent dans le cadre de la mondialisation dominée par les pays à économies avancées?

Notes



Partie 9
Cycles de vie et besoins des plantes

Dans la partie 2, nous avons décrit le milieu de vie des plantes. Nous avons relevé les différents facteurs biotiques et abiotiques qui conditionnent leur existence et leur développement.

L'eau et la lumière sont les facteurs abiotiques les plus importants. Ils sont aussi, souvent, des facteurs limitants de la production agricole.

Dans cette partie, nous allons analyser successivement:

- les **cycles de vie** des plantes; ils se déroulent en phases successives,
- leurs **besoins en lumière** au cours des différentes phases,
- les **besoins en eau** en relation avec le calendrier des pluies et le cycle de vie des espèces cultivées.

De ces analyses, nous allons tirer des conclusions sur le plan des modes de culture.



Chapitre 28
Les phases de la vie d'une plante

La vie des plantes se déroule en phases successives. On parle de **CYCLE DE VIE** ou **CYCLE VÉGÉTATIF**. A chacune des phases, les besoins en eau, en nourriture, en chaleur et en lumière sont spécifiques. Ces besoins sont satisfaits ou insatisfaits en fonction des événements climatiques en cours de saisons. L'agriculteur doit connaître les cycles végétatifs des espèces, afin de réaliser leur culture aux périodes les plus adéquates.

Plantes saisonnières, plantes vivaces ou pérennes

Avant d'étudier les cycles végétatifs, revenons sur les distinctions que nous avions faites dans les premières parties du livre.

- Les **PLANTES SAISONNIÈRES** déroulent leur cycle végétatif complet au cours d'**une seule saison climatique**, avant de disparaître. Elles ne laissent sur le sol que des débris et des **graines** chargées d'assurer la reproduction. C'est le cas par exemple des graminées comme le maïs, le mil, le sorgho, le riz, des cucurbitacées, des légumineuses comme le haricot, l'arachide, les pois, et d'une masse d'autres espèces comme le sésame, la morelle, l'oseille de Guinée, le poivron, etc.

- Les **PLANTES PÉRENNES** ou **VIVACES** restent sur le terrain durant **plusieurs saisons,** ou même de nombreuses saisons. C'est le cas de tous les arbres et des plantes arbustives, ou de plantes herbacées comme la canne à sucre, le sisal, la citronnelle, le poivrier, le sétaria. De nombreuses graminées qu'on trouve dans les brousses et les jachères sont vivaces également, même si elles perdent leurs feuilles à certaines saisons en ne maintenant dans le sol que des racines, des rhizomes, des bulbes, ou d'autres semences végétatives.

  Les espèces bulbeuses, tubéreuses ou rhizomateuses qui gardent leurs organes souterrains durant toute l'année, mais qui ne végètent que durant quelques semaines ou mois, sont à considérer comme des plantes vivaces. Mais ce sont des **plantes vivaces cultivées comme des plantes saisonnières**. L'oignon, l'ail, la pomme de terre, plusieurs variétés de cotonniers, de choux, de gombos, de carottes, sont dans ce cas. En culture, ces plantes sont ressemées à chaque saison, mais à l'état spontané, elles repoussent plusieurs années d'affilée. Le fait de les ressemer chaque année facilite la rotation des cultures et permet d'accroître les rendements saisonniers. Issus de graines, les pieds de ces espèces se présentent souvent de meilleure façon que les repousses.

✿ Les plantes sont dites **PLURISAISONNIÈRES** lorsque leur **durée de vie dépasse le temps d'une saison climatique**. Le cycle de vie du manioc, par exemple, s'étale sur 16 à 24 mois, période supérieure au temps d'une saison climatique. Dans les climats à une seule saison pluvieuse (climats unimodaux), ces plantes sont capables de franchir la saison sèche, dans l'attente de nouvelles pluies.

Certaines espèces ont l'habitude de développer leurs feuilles au cours d'une première saison, leurs fleurs au cours d'une seconde saison, avant de mourir. On les dit **BISANNUELLES**.

Cycle végétatif des plantes cultivées saisonnièrement

Voyons quelles sont les principales périodes de la vie des plantes saisonnières, en prenant l'exemple de plantes se reproduisant l'une par graines, le sorgho (**638**), et l'autre par tubercules, l'igname (**647**).

Plantes à graines

♣ La **GERMINATION** et la **LEVÉE** sont les premières phases du cycle végétatif. C'est le moment où le germe de la graine se met à croître et où la jeune

638 ***Cycle végétatif du sorgho***



plantule sort de terre (639). L'**ÉTABLISSEMENT** est la phase où la plantule développe ses premières feuilles et racines (640).

♣ Le **TALLAGE** est le moment où une jeune tige de graminée se divise en plusieurs parties, au ras du sol. Seules certaines graminées tallent, dont le sorgho (641), le riz, le froment. D'autres, comme le maïs ou le mil, ne tallent pas.

♣ La **CROISSANCE VÉGÉTATIVE** est la période durant laquelle la plante développe ses racines et son feuillage. Pour les graminées, on parle aussi de **MONTAISON** (642).

♣ L'**ÉPIAISON** est, chez les graminées, le stade où les épis apparaissent sur une hampe. L'épiaison précède la floraison (643).

♣ La **FLORAISON** est la phase au cours de laquelle apparaissent les fleurs et leurs organes mâles et femelles. Chez les espèces dioïques, les floraisons des fleurs femelles et mâles ont lieu soit au même moment, soit avec un décalage dans le temps (chez le maïs ou le palmier, par exemple).

♣ Immédiatement après la floraison, il y a la **NOUAISON**. C'est le moment où se forment les tout jeunes fruits. Si la nouaison échoue, la production des fruits et des graines est compromise (644).

La floraison et la nouaison sont deux **phases très sensibles** pour ce qui est des besoins en eau des plants.

♣ La **FRUCTIFICATION** est la période où se développent les fruits et les graines qu'ils contiennent, à partir des jeunes fruits noués (645).

♣ La **MATURATION** est la période durant laquelle les fruits et les graines se remplissent de réserves. C'est à cette époque que les grains accumulent l'amidon, les sucres, les graisses ou les protéines, et que les fruits forment leur pulpe et leur jus.

C'est aussi au cours de cette période que **les graines acquièrent leur puissance germinative** (une graine immature ne germera pas correctement).

Pour que cette phase se déroule bien, à l'avantage de la production, il faut que les phases précédentes se soient bien déroulées.

♣ Au temps de la maturation, on voit chez certaines espèces que les feuilles jaunissent, puis se dessèchent. Des éléments nutritifs quittent les feuilles et les tiges pour approvisionner les graines. Cette migration d'éléments, des organes végétatifs de la plante vers les fruits et les graines, s'appelle la **TRANSLOCATION**.

♣ La **SÉNESCENCE** est la période au cours de laquelle les plantes cessent de se développer, vieillissent et meurent (646).

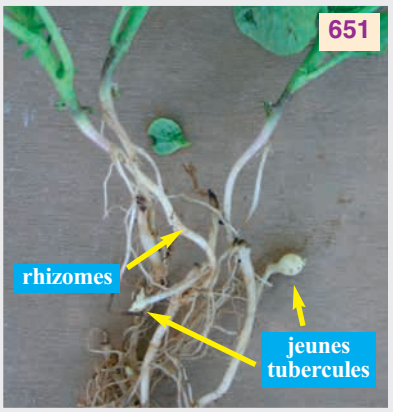
647 Cycle saisonnier de l'igname



Plantes se reproduisant naturellement de façon végétative

✤ Vue sous l'angle de la production, la floraison des plantes à tubercules, comme l'igname (647), a moins d'importance que pour les plantes cultivées pour leurs graines. Ce qui intéresse le cultivateur, c'est la **TUBÉRISATION**, c'est-à-dire la période au cours de laquelle les tout jeunes tubercules se forment sur les racines ou les rhizomes.

✤ Après la tubérisation, vient la période du **REMPLISSAGE** des tubercules. A cette période, la plante y stocke des réserves, afin de les maintenir en terre au cours des semaines et mois qui suivent.



Tubérisation de la pomme de terre

✤ La **MATURATION** des tubercules est la période où ils achèvent de fabriquer leurs réserves.

Beaucoup de plantes cultivées pour leurs tubercules ou leurs bulbes se reproduisent également par graines (l'oignon, par exemple), même si cette reproduction sexuée n'est pas recherchée pour la production alimentaire ou marchande.

Plasticité des cycles végétatifs

Chaque espèce saisonnière réalise son cycle de vie à sa façon, en fonction de son programme génétique. Distinguons **deux types de cas**.

➪ Les pieds de l'espèce se développent selon un **programme "minuté"**. Ce sont ses gènes qui décident précisément de la durée des phases. Si les conditions climatiques favorables ne sont pas présentes au moment précis exigé par la plante, son développement est compromis. Ce sont des **espèces peu plastiques**.

➪ La plante parcourt les étapes de façon **souple**, au gré des circonstances climatiques. On la dit **plastique**: elle est capable de s'adapter, au fur et à mesure de l'évolution de la saison.

Les **phases** que nous avons décrites peuvent être **plus ou moins marquées**. Si nous prenons le cas des graminées comme le mil, le sorgho, le riz, le froment, nous pouvons facilement faire la distinction entre l'établissement, la montaison, la floraison, l'épiaison, etc.

Par contre, chez la tomate, le gombo, le cotonnier, l'aubergine, le sésame, le passage d'une phase à l'autre n'est pas vraiment marqué. Par exemple, la floraison se poursuit alors même que certains fruits sont déjà arrivés à maturité. Nous le voyons sur le pied de sésame de la photo **652**. Il continue de produire des fleurs alors que les premiers fruits sont déjà mûrs.



Certains fruits du sésame sont déjà mûrs alors que le pied est encore en floraison.

Notes

Cycle de vie des plantes pérennes ou vivaces

Pour les arbres et les plantes pérennes, **on distingue**:

❒ le **cycle pluriannuel** de la plante se déroule à long terme, allant de la germination ou du bouturage initial à la mort;

❒ les **cycles saisonniers** se répètent chaque année.

Les deux cycles sont **superposés** dès que l'arbre ou la plante pérenne entre en phase de production et de reproduction.

Cycle pluriannuel

Le développement pluriannuel de la vie d'un **arbre** comporte plusieurs étapes:

♣ la **germination** d'une graine, ou la **reproduction** végétative par bouture ou rejet;

♣ l'**établissement** du jeune pied et son **enracinement**;

♣ la **croissance** et la formation de la **charpente**;

♣ la **phase reproductive**. Chez les espèces arborées, cette phase ne démarre le plus souvent qu'après quelques années (4 à 5 ans pour les agrumes, jusqu'à 15 ans pour le karité);

♣ la **période de végétation cyclique** au cours de laquelle vont se répéter les **cycles saisonniers**;

♣ la période de **sénescence** (vieillissement) et la mort.

La durée de vie des espèces pérennes peut aller de quelques années à des dizaines ou même des centaines d'années.

On distingue la **durée de vie naturelle** et la **durée de vie utile à la culture**. Un arbre fruitier très vieux produit moins qu'un jeune pied adulte. L'agriculteur a parfois intérêt à procéder au remplacement de l'arbre.

Cycles saisonniers des espèces pérennes et plurisaisonnières

Lorsqu'un arbre, ou une touffe herbacée, est établi et enraciné et que la phase reproductive est amorcée, on voit se succéder, d'année en année, des **CYCLES SAISONNIERS**. On va constater la succession suivante:

✤ le **DÉBOURRAGE** des bourgeons et l'apparition de **jets foliaires**. Le débourrage peut se faire d'un seul coup, selon l'évolution de la saison

(généralement l'arrivée de pluies), ou au cours d'une période plus ou moins longue (quelques semaines);

- ✤ la **foliaison**. Chez certaines espèces, le feuillage se renouvelle entièrement chaque année; chez d'autres, il est renouvelé progressivement;
- ✤ la **floraison**, immédiatement suivie par la **nouaison** de jeunes fruits;
- ✤ la **fructification** et la **maturation** des fruits.

Les photos **653**, **654**, et **655** présentent trois phases saisonnières d'un oranger. Toutes ces phases se déroulent sous l'influence directe des facteurs abiotiques dont nous avons parlé au chapitre 7.

Diversité des cycles de vie

La description que nous venons de faire est générale. Chaque espèce doit être observée dans le milieu où elle se développe. Chez les arbres, il est parfois possible de provoquer les phases de production par des pratiques adéquates, dont en particulier les tailles de production.

Une série d'éléments interviennent pour le **démarrage des phases** du cycle de vie:

- ➥ les **caractéristiques génétiques** de l'espèce et de la variété. Elles déterminent le programme à suivre par la plante;
- ➥ les **facteurs climatiques**: pluies, température, lumière;
- ➥ les **interventions de l'homme**, s'il s'agit d'espèces cultivées.

Les **pratiques de l'homme** doivent s'adapter à chacune de ces circonstances:

- ➟ **choisir les espèces et les variétés** en fonction du climat,
- ➟ **arroser** ou irriguer exactement **aux moments où les plantes en ont besoin**, et en quantités adéquates,
- ➟ créer un **ombrage**,
- ➟ **associer les plantes** en fonction de leurs besoins,
- ➟ **fertiliser** le sol globalement en début de cycle, ou **selon la phase en cours**.

Cycle cultural

La vie des plantes - leur cycle de vie - se déroule selon le **programme génétique** de l'espèce ou de la variété, et **sous l'influence des cycles climatiques** dont le déroulement réel varie d'une année à l'autre. Pour sa part, en fonction de ses **objectifs** de production, le cultivateur tente d'aménager à son profit le déroulement du cycle de vie des plantes qu'il cultive. Il définit alors un cycle cultural ou un cycle d'exploitation.

La succession de toutes les opérations culturales est ce qu'on appelle le **CYCLE CULTURAL**, ou cycle de culture. Il concerne chacune des espèces cultivées.

Il peut aussi exister un **CYCLE D'EXPLOITATION** qui concerne l'ensemble d'un champ, ou d'une ferme, et des plantes qu'on y cultive. C'est dans ce cadre que se déroulent les rotations, les successsions culturales, les assolements, ainsi que les associations culturales saisonnières ou permanentes. Nous avons approché cette notion de cycle d'exploitation lorsque nous avons étudié certains terroirs, au chapitre 10.

Toute une gamme d'**interventions** sont possibles:

- ➟ l'**ameublissement du sol** par le labour ou la trouaison (pour les arbres) favorise l'élargissement du système racinaire,
- ➟ le semis en **germoir** ou en **pépinière** facilite et accé-



Floraison, nouaison et fructification d'un oranger

lère la germination et la croissance des jeunes plants, dans une ambiance favorable,

- les **tailles de production** des plantes et des arbres favorisent l'apparition de fleurs et de fruits,
- le **greffage** peut modifier le capital génétique d'un plant en vue d'accélérer le cycle de production, ou de modifier les caractéristiques des produits recherchés en culture,
- le **pinçage** des bourgeons ou l'**émondage** des rameaux anciens peut favoriser le bon développement du cycle cultural.

Il existe d'autres pratiques, ainsi que des travaux d'entretien, qui sont décrits dans *"Jardins et vergers d'Afrique"*.

Le tableau **656** rappelle les différentes utilisations du mot cycle.

Quels sont les cycles végétatifs des plantes saisonnières et pérennes que nous cotoyons? Comment s'intègrent-ils par rapport aux cycles de vie des espèces cultivées?

656 Superposition des cycles

cycle de vie → concerne chaque espèce

Germination, levée, croissance, floraison, nouaison, maturation des fruits, dormance des graines, tubérisation, etc.

Le cycle de vie comporte des phases saisonnières et des phases plurisaisonnières. Il est une donnée naturelle.

cycle cultural → concerne les espèces lorsqu'elles sont en culture

Labours, semis, entretiens, récoltes, luttes contre les ravageurs, stockages, etc.

Les cycles de culture sont établis par le cultivateur en fonction des phases rentables de la vie de l'espèce. Ils comportent des opérations saisonnières ou plurisaisonnières.

cycle climatique → concerne le climat et en particulier les pluies

Pluviométrie et pluviosité. Cycle unimodal (une seule saison pluvieuse) ou bimodal (deux saisons pluvieuses annuelles). Répartition des pluies en cours de saison.

cycle d'exploitation → concerne l'ensemble du champ ou de la ferme

Ensemble des plantes participant à la production: vivrières, commerciales, fourragères, fertilitaires, ligneuses.

Organisation saisonnière, annuelle et pluriannuelle; successions culturales, rotations et assolements, associations culturales.

En rapport avec ses buts, ses moyens et ses limites, l'agriculteur organise au mieux ses travaux pour que les différents cycles relevés ci-dessus se correspondent.

Notes



Chapitre 29
Les besoins des plantes en lumière

Pour réaliser la photosynthèse, les feuilles captent l'énergie lumineuse offerte par les rayons solaires. Certaines sont gourmandes en lumière, d'autres sont sobres. Toutes adaptent leur développement foliaire en fonction de leur exposition à la lumière.

Capter la lumière

Espèces de lumière, espèces d'ombre

Certaines espèces aiment de placer leurs feuilles en pleine lumière. On les appelle **HÉLIOPHILES** (qui aiment le soleil). Une plante héliophile qui ne trouve pas la voie pour atteindre la pleine lumière se développe mal ou dépérit. Cela se passe quand elle est dominée par un couvert végétal ou par des cimes denses ne laissant pas passer la lumière (**657**).

Cependant, beaucoup de plantes héliophiles apprécient de trouver un peu d'ombre au moment de leur germination et de leur établissement. Ensuite, elles partent à la conquête de la lumière, en essayant de surpasser les espèces qui les entourent et les dominent.


657

Sous le couvert dense des arbres et de la litière de feuilles mortes, quasi aucune plante n'arrive à s'installer.

D'autres espèces préfèrent vivre à l'ombre. Elles disposent leur feuillage dans les étages inférieurs de végétation. On les appelle **OMBROPHILES** ou **SCIAPHILES**. Elles se développent de préférence là où la lumière est diffuse. Cela correspond en général aux endroits plus frais qui subissent peu d'insolation directe, et dont le sol est plus humide.


658

Le théier est une espèce qui supporte bien l'exposition en plein soleil. Mais dans la nature, il supporte de vivre avec un peu d'ombre. Ici, on voit des pieds taillés en "tables" pour favoriser la production de jets foliaires en pleine lumière, et pour faciliter les récoltes.

Il y a aussi des espèces dont les préférences sont peu marquées. Elles vivent aussi bien au soleil qu'à l'ombre légère d'autres espèces ou dans un ombrage intermittent. On les dit **indifférentes**.

Comme toujours dans la nature, il n'y a rien d'absolu ou d'immuable. Pour ce qui est de la lumière, nous devons parler de **préférences** héliophiles ou ombrophiles.

- Chez une même espèce, nous pouvons trouver des **variétés** typiquement héliophiles, dépérissant si elles ne sont pas exposées en plein soleil, et d'autres qui apprécient l'ombre permanente ou alternative des plantes d'un étage de végétation qui les domine. Seule l'observation constante, tout au long de son cycle de vie, permet de déterminer les préférences d'une variété.

- Les besoins en lumière diffèrent selon les **phases** du cycle de vie. Il se peut que la plante apprécie l'ombre au début de sa vie, alors qu'elle doit disposer de beaucoup de lumière au moment de produire ses fruits ou ses tubercules.
- Les besoins en lumière ne sont pas indépendants des **autres circonstances** du milieu. Une variété peut bien se porter en plein soleil si le sol est humide, alors que l'ombre lui convient mieux lorsque le climat est plus sec.

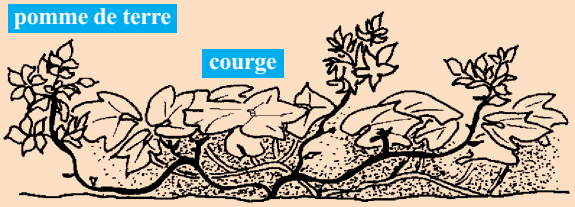
Les raisons que nous venons d'énoncer font qu'il n'est pas possible d'établir une liste des espèces cultivées en les classant selon leurs préférences. C'est au cultivateur de reconnaître les préférences des variétés dont il dispose.

Dans la nature, la quête de lumière se fait parfois assez sauvagement, les espèces se disputant les positions dominantes. Dans les champs, par contre, le cultivateur tente d'organiser les plantes de façon à tirer le meilleur profit de la lumière et de l'ombre. Il dispose de pratiques lui permettant d'ombrager ou d'ensoleiller ses plantes selon les périodes de leur cycle végétatif.

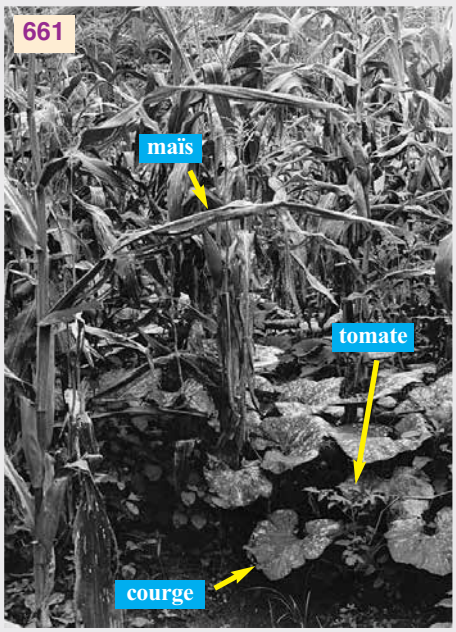
Comportements des plantes en fonction de la lumière

Lorsqu'elles ont germé à l'ombre, les plantes héliophiles ont tendance à étirer leurs tiges pour aller en quête de lumière, comme le montrent les figures **659** et **660**. Si nous recouvrons un pied d'arachide avec un panier dans lequel nous avons pratiqué une petite ouverture au sommet, les tiges vont s'allonger vers la lumière, les feuilles seront plus grandes, plus fragiles et moins vertes que celles d'un pied exposé au soleil (**659**). Les fleurs seront peu nombreuses et la plante n'aura pas la force d'enfoncer ses jeunes gousses dans le sol.

660 *Étirement des tiges de pomme de terre à la recherche de la lumière*



Sous les feuilles de la courge, le plant de pomme de terre étire ses tiges à la recherche de la lumière.



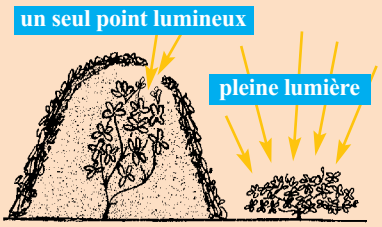
Sous le maïs, les plants de tomates tentent de se frayer un passage entre les feuilles couvrantes de la courge.

La photo **661** montre l'association du maïs, de la courge et de la tomate. Semé de façon assez lâche, le maïs héliophile domine la parcelle dans la période actuelle. Le feuillage des courges, ombrophiles, est assez dense et couvre le sol sous les pieds de maïs. Les deux espèces ne laissent passer que très peu de lumière au niveau du sol. Mais des pieds de tomate, espèce plutôt héliophile, essaient d'étirer leurs sarments sous les feuilles de courges, afin d'y trouver des espaces de lumière où ils vont étaler leurs feuilles, leurs fleurs et leurs petits fruits.

Les plants de tomate en quête de lumière dépensent plus d'énergie à allonger leurs tiges qu'à produire des fruits, mais leur présence dans le champ est positive s'ils ajoutent une production, même minime, à celle des plantes dominantes. Lorsque le maïs termine son cycle végétatif, la fructification des courges est en cours, leur feuillage commence à se flétrir. La tomate, se trouvant alors en pleine lumière, va prolonger quelque temps le cycle productif de la parcelle, si elle y trouve encore de l'eau. Elle apportera un peu de biodiversité alimentaire, sans avoir gêné les plantes dominantes.

659 *Effets de la lumière et de l'ombre sur des pieds d'arachide*

A l'ombre, les tiges s'étirent vers les points lumineux. Les feuilles sont grandes et de couleurs claires.



En plein soleil, les tiges sont courtes, les feuilles sont épaisses et de couleur vert foncé.

662 Les besoins en lumière des plantes saisonnières diffèrent au cours des phases de leur cycle de vie

croissance des tiges et du feuillage

germination et établissement

floraison, épiaison, nouaison ou tubérisation

maturation



céréales

maïs, mil, sorgho, riz, éleusine

Les céréales sont sensibles au manque de lumière. Cela veut dire qu'un ombrage, même léger, peut provoquer une diminution de la production due à la trop faible croissance des tiges et des feuilles.

Le riz peut cependant s'accommoder d'un certain ombrage durant sa croissance, lorsqu'il fait très chaud.

tubercules

manioc, patate douce, taro

igname

macabo

Ces plantes aiment la lumière, mais une ombre légère a peu d'influence sur leur croissance et leur production.

La levée de l'igname se fait mieux lorsque les boutures sont ombragées.

Le macabo s'accommode bien d'un ombrage, car il aime la fraîcheur. L'ombrage doit être plus léger lors de sa croissance que lors de la tubérisation et de la maturation.

légumes et condiments

piment, gombo, concombre, melon

tomate, oignon, gingembre

poivrier

La tomate et l'oignon aiment la lumière, mais craignent un excès de chaleur. Ils apprécient un certain ombrage pour se protéger de la chaleur. Le gingembre s'adapte aussi bien à la lumière qu'à l'ombre.

Le poivrier est une plante qui aime l'ombre et la lumière tamisée durant toutes les périodes de son cycle végétatif.

légumineuses

arachide, pois voandzou, pois chiche, pois cajan, soja, niébé, haricot commun

Les légumineuses aiment bien la pleine lumière, mais elles savent tirer profit d'un léger ombrage, par exemple celui de certaines céréales.

autres plantes herbacées

canne à sucre, cotonnier, sésame, sisal, tournesol, ananas

bananier

Toutes ces plantes aiment la lumière et s'adaptent mal à l'ombre.

Le bananier aime la lumière, mais, parfois, il s'accommode bien de l'ombrage léger de grands arbres.

légende

- la plante recherche la **pleine lumière**
- la plante apprécie ou tolère une **ombre légère**
- la plante apprécie l'**ombre**

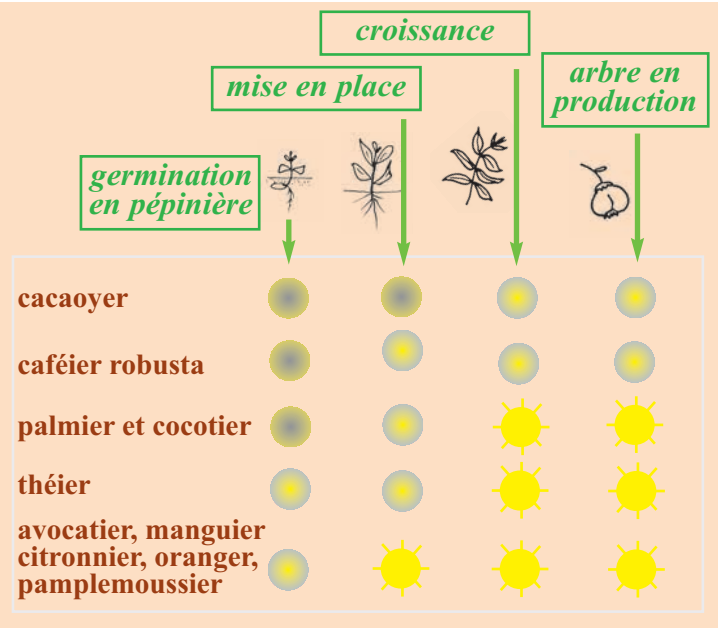
Les besoins en lumière selon les phases du cycle végétatif

Les besoins en lumière des plantes varient selon les phases de leur développement. Illustrons cela dans le tableau **662**. A gauche, nous avons relevé quelques espèces cultivées. A droite, nous trouvons des commentaires spécifiques. Les quatre colonnes du centre indiquent les **préférences** en lumière aux différentes phases du cycle végétatif.

Nous voyons dans le tableau que les légumineuses ont besoin de beaucoup de lumière en début de cycle (germination et croissance), alors que leurs besoins sont moindres en phase de floraison et de fructification. Nous pouvons en tirer la conclusion que, si on associe le sorgho ou le maïs à une légumineuse, cette dernière ne sera pas trop gênée par leur présence, en fin de cycle.

Les jets de bananiers se développent bien à l'ombre des tiges adultes, mais les feuilles des pieds adultes ont besoin d'être pleinement exposées au soleil. Nous voyons aussi que le poivrier apprécie l'ombre durant tout son cycle de vie.

663 ***Les besoins en lumière de quelques plantes pérennes au cours de leur vie***



Pour les arbres, nous allons tenir compte dans le tableau **663** de quatre phases de vie: la germination en pépinière, la mise en place dans la plantation (c'est le moment où vont se former les racines et les jeunes tiges), la croissance (cette période de plusieurs années diffère selon les espèces d'arbres), et la période de pleine production.

Nous voyons dans le tableau que la plupart des arbres préfèrent germer et s'installer à l'ombre. Plus tard, une ombre légère sera acceptée ou même appréciée par le cacaoyer ou le caféier robusta. Par contre, les autres espèces ont besoin de beaucoup de lumière en période de production des fruits.

La lumière et son énergie dans les champs

L'énergie lumineuse qui atteint une parcelle cultivée se répartit entre les étages de végétation et le sol. Si les feuillages sont abondants, ils absorbent une partie de cette énergie pour leur photosynthèse. Une autre partie est simplement absorbée par les feuilles sous forme de chaleur. Sous un couvert végétal dense, seule une petite partie des rayons solaires frappe directement le sol et l'échauffent.

Dans ses champs, le cultivateur cherche les meilleurs rendements. Il va veiller à ce que les espèces qu'il cultive en culture pure ou en association culturale disposent et profitent au mieux de la lumière dont elles ont besoin à chaque période de leur cycle de vie.





En début de saison, peu de feuilles captent les rayons solaires dans ce champ d'arachides. Le sol s'échauffe (à gauche). En fin de saison culturale, les plantes recouvrent bien le sol, mais cela ne dure que quelques semaines (à droite).

Dispersion de l'énergie lumineuse dans les champs de culture pure

Dans les **modes de culture pure**, la surface totale des feuilles captant les rayons lumineux est nulle au moment des semis. Elle augmente ensuite progressivement au cours des semaines qui suivent, pour atteindre parfois une couverture complète du sol. Puis elle diminue. Pour profiter au mieux des ressources lumineuses, on va **semer à forte densité**, de sorte que, au moment du plein développement des pieds, leurs feuilles se côtoient au plus près, sans se gêner mutuellement. Dans les zones où il n'y a qu'une seule saison culturale, le sol n'est réellement couvert que durant quelques semaines. C'est le cas du champ d'arachide de la photo **665**. Le reste du temps, il est entièrement soumis à l'insolation et il s'échauffe durant la journée, ce qui accroît l'évaporation de surface. Il se raffraîchit la nuit.

Les terres qu'on voit sur la photo **666** sont consacrées à la culture intensive du riz. Il y exploite à lui seul la lumière. Tous les pieds de riz se développent simultanément, dès qu'ils sont repiqués. Après la récolte du riz dans cette terre, aucune plante cultivée ne prend le relais pour utiliser et valoriser l'énergie lumineuse.

Dispersion de l'énergie lumineuse en cultures étagées

Dans cette autre rizière, des massifs d'arbres fruitiers ont été plantés par endroit (**667**). Ils exploitent la lumière du soleil durant toute l'année, même après la récolte du riz. Lorsque le riz occupe la terre, il reçoit un peu d'ombre au cours de la journée, tout autour des massifs d'arbres, sans être nullement gêné.

Dans la troisième rizière visitée, nous voyons que c'est le palmier à huile qui domine le riz (**668**). Sa présence permet d'accroître le rendement global du champ, grâce aux noix et au vin de palme. Mais il faut le tailler pour que ses palmes ne privent pas trop le riz de la lumière dont il a besoin, à moins que l'on ne sème une variété de riz indifférente à un ombrage léger.

Les trois exemples de rizières que nous venons de rencontrer montrent:

- ❒ que le **riz**, espèce plutôt héliophile, **supporte un ombrage léger et tournant** (autour des arbres) durant quelques heures de la journée,
- ❒ que la **taille des arbres** (palmiers ou fruitiers) est utile pour créer les meilleures conditions d'ensoleillement possibles pour le riz,
- ❒ que la biomasse foliaire totale et la **surface des feuilles** réalisant la photosynthèse sont supérieures en présence d'arbres, et que la production agricole est plus variée que dans les cas de culture pure.


666

Le riz est seul à exploiter l'énergie lumineuse tombant sur la parcelle.


667

Massifs d'arbres fruitiers disséminés dans une rizière.


668

La taille des palmes au cours de la période de culture du riz favorisera le plein éclairement de celui-ci au moment où il en aura le plus besoin.

Construction de champs multiétagés denses en fonction de la lumière

Dans les **modes de culture en associations d'espèces**, ou modes **multiétagés**, la masse de feuillage est grande. Les espèces se disposent naturellement dans l'espace ou sont travaillées par le cultivateur. Leur croissance s'étale dans un temps long. Si les plantes ne manquent pas d'eau, la biomasse foliaire est importante. Elle absorbe une bonne partie de l'énergie solaire tombant sur le champ. Peu de rayons atteignent directement le sol.


669

Ce champ multiétagé se construit en partie par lui-même.

Analysons deux cas.

Premier champ multiétagé: un désordre apparent

La photo **669** présente un champ multiétagé dans lequel on trouve une grande **diversité d'espèces**: bananiers, papayers, divers fruitiers, manioc, patates douces, maïs, légumes.

Au fil des ans et des saisons, les plantes trouvent progressivement leur place au soleil, un peu comme cela se passe dans la nature.

Dans ce champ, les interventions de l'exploitant, **pour ce qui est de la lumière,** sont les suivantes :

- les pieds des espèces pérennes qui, dans quelques années, constitueront des houppiers dans les étages supérieurs, sont plantés à bonne **distance** les uns des autres, afin de ne pas gêner l'insolation des étages inférieurs;
- les arbres et les plantes qui gênent le passage de la lumière vers les étages inférieurs sont **élagués** en vue de créer des **"trous de lumière"**;
- les **semis** herbacés des étages inférieurs (maïs, patates, légumes) sont établis en tenant compte des trous de lumière et des zones d'ombre. Les espèces, et leurs variétés, sont placées dans la **niche écologique** qui leur convient le mieux pour capter l'énergie lumineuse qu'il leur faut: plantes héliophiles dans les trous de lumière, plantes ombrophiles dans les zones moins ensoleillées;
- les plantes adventices qui pourraient concurrencer les espèces agricoles pour la lumière ou pour d'autres facteurs sont éliminées par **sarclage**.

La **composition** et la construction de ce champ dépendent donc:

- des **interventions nombreuses et permanentes** de la cultivatrice. Elle plante, elle sème, elle entretient et récolte. C'est elle qui détermine les espèces en présence, cultivées ou utiles. Elle exploite les espaces laissés libres par ses cueillettes et ses récoltes;
- de l'**évolution naturelle de chacune des différentes plantes** qui développent leurs tiges au mieux de leur convenance: là où elles ont été plantées, là où elles ont germé naturellement, là où elles trouvent la lumière dont elles ont besoin.


670

Cette plantation multiétagée a été mise en place de façon raisonnée, en fonction des besoins en lumière de chaque espèce présente.

Dans ce champ, tous les pieds cultivés d'une même espèce ne rencontrent pas les mêmes conditions d'éclairage, comme ce serait le cas en culture pure. Certains pieds peuvent souffrir d'un manque de lumière. Mais ce qui compte, c'est que l'**ensemble du champ** fournisse une production abondante et diversifiée, conforme aux besoins familiaux. Un tel champ fonctionne en **continu, durant toute l'année**.

Notes

Deuxième champ multiétagé: un dispositif étudié

Le champ multiétagé de la photo **670** est plus organisé que le précédent. Les arbres sont alignés. Nous voyons que les palmiers dominent. Ils apprécient la pleine lumière. Leurs lignes sont plantées à bonne distance les unes des autres (± 15 mètres).

A gauche de la photo, nous voyons des caféiers robusta, taillés pour qu'ils ne s'élèvent pas à plus de 2 mètres de hauteur. Ils sont disposés en écartements d'environ 2 à 2,5 mètres. Ils apprécient un ensoleillement variable au cours de la journée.

Par endroit, on trouve des avocatiers ou des bananiers. Sous les arbres, le sol a été sarclé.

On voit ici que le dispositif de la plantation a été prévu et mis en place dès le départ, en tenant compte des besoins en lumière de chacune des espèces.

Pratiques agricoles liées à l'utilisation de l'énergie lumineuse

Résumons les éléments sur lesquels on peut agir en tenant compte des besoins en lumière des espèces (**672**).

Il existe plusieurs pratiques permettant de favoriser l'absorption de l'énergie lumineuse en vue d'améliorer la production de biomasse utile dans les champs. Décrivons-en quelques-unes.



Association du maïs et de la patate douce. Les semis sont décalés dans le temps.

Associer des plantes dont les besoins en lumière sont différents

La photo **671** montre un champ de maïs associé à la patate douce. Les deux espèces ne se sont pas développées au même rythme. Le maïs s'est développé en premier, puis il a laissé la place à la patate. Dans l'état actuel du champ, celle-ci profite d'assez de lumière.

On constate que l'**exploitation de l'énergie lumineuse dans ce champ est étalée**. Cela résulte:

- ❑ d'une **différence naturelle dans la durée du cycle de vie** des deux espèces (quatre mois pour le maïs et six mois pour la patate). Le cultivateur peut choisir ses variétés en fonction de cette différence;
- ❑ d'un **décalage volontaire** des semis. La patate peut être plantée deux ou trois semaines après le semis du maïs, lorsque celui-ci est déjà bien installé;

672 *Besoins en lumière et possibilités d'actions dans les champs*

Les **facteurs** qui entrent en ligne de compte:

- ✓ les **préférences** de la variété cultivée par rapport à l'ensoleillement: héliophile, ombrophile ou indifférente,
- ✓ la **morphologie** de la variété: dressée, rampante, sarmenteuse, …
- ✓ le **caractère saisonnier ou pérenne** de l'espèce,
- ✓ le **déroulement du cycle cultural** et les besoins en lumière au cours de chacune des phases,
- ✓ la **capacité de réaction** des plantes à certaines pratiques agricoles telles que taille ou élagage.

Les **éléments sur lesquels on peut agir:**

- ➠ le **mode de culture**: culture pure, associations végétales, champ multiétagé, …
- ➠ le **choix des associations** culturales,
- ➠ le **choix des variétés**,
- ➠ la **densité** de semis ou de plantation,
- ➠ le **dispositif** de plantation,
- ➠ le **tuteurage**,
- ➠ l'aménagement de **l'ombrage**,
- ➠ l'**entretien** et la **taille** des espèces en présence.

673 *Adaptation du dispositif de semis en fonction de la lumière*

forte densité de semis

Dans la partie basse, très ombragée, les feuilles de maïs, peu éclairées, ne travaillent pas au mieux de leurs possibilités.

écartements larges

Les feuilles travaillent bien à tous les niveaux. D'autres plantes, plus basses, peuvent se développer entre les plants de maïs.



- d'un dispositif de **semis du maïs relativement large**, de façon à laisser passer de la lumière jusque dans l'étage inférieur (**673**).

Dans le cas de la photo **674**, nous voyons qu'une variété d'igname grimpante a pris le relais du maïs pour exploiter la lumière tombant sur le champ. Les tiges désséchées du maïs servent de tuteurs aux lianes d'igname. Les feuilles de celles-ci se sont disposées bien horizontalement pour capter au mieux la lumière.



674

Lorsque le maïs termine son cycle, une variété d'igname prend le relais pour exploiter la lumière en utilisant les tiges sèches de maïs comme tuteurs.

Associer des plantes dont le couvert végétal évolue différemment

Comparons trois photos. Sur la première (**675**), nous voyons une association culturale composée de pois de terre (voandzou) et d'une variété dressée d'arachide. Nous voyons que la surface de la parcelle est proportionnellement bien couverte par du feuillage actif.

A quelques mètres de là, l'arachide est seule à occuper le terrain (**676**). Les pieds d'arachide sont au même stade de développement que sur la photo précédente, mais nous constatons que la surface du sol est beaucoup moins couverte. Proportionnellement, une moins grande part de l'énergie lumineuse tombant sur la parcelle est utilisée. La parcelle est donc moins productive, si on voit les choses du point de vue de l'énergie lumineuse disponible. Sur la photo **677**, nous voyons qu'au pois de terre et à l'arachide, ont été associés quelques pieds d'oseille de Guinée poussant en hauteur. Eux aussi captent la lumière et accroissent la proportion d'énergie assimilée par les plantes.

La lumière n'est évidemment pas le seul facteur en jeu pour déterminer en fin de période culturale les résultats respectifs des trois pratiques comparées. Mais au stade actuel, il est évident que le potentiel énergétique de la lumière qui tombe sur le champ est mieux valorisé dans l'association des deux légumineuses que dans la culture pure, et que l'oseille ajoute encore un potentiel en plus.

Ces exemples suggèrent ceci:

⇨ durant les phases où l'eau est disponible dans les champs, il est intéressant de valoriser au mieux l'énergie lumineuse qui favorise la photosynthèse des espèces cultivées,



Ces trois parcelles ont été semées au même moment. La masse foliaire de l'association du pois de terre et de l'arachide (à gauche) exploite plus la lumière que l'arachide cultivée seule (au centre). La présence de l'oseille de Guinée amplifie aussi l'utilisation de la lumière dans la parcelle (à droite).



Buttes d'igname sous karité, à l'ouest du Burkina Faso. Tout proches du tronc, des pieds de piment

⇨ outre une bonne utilisation de la lumière, on peut prendre en compte la protection contre les vents et le splash des pluies.

Pensons aussi à l'acacia albida déjà rencontré qui, n'ayant pas de feuilles en saison pluvieuse, ne capte pas de lumière et laisse libre cours au développement des céréales. Par contre, il exploite l'énergie lumineuse en saison sèche.

Ces quelques exemples montrent qu'il existe plusieurs possibilités pratiques pour utiliser au mieux l'énergie lumineuse qui frappe une terre, et accroître la production de biomasse utile.

Associer des plantes dont la morphologie est différente

Nous avons rencontré plusieurs exemples de telles associations. Celle du maïs et de la patate douce (**671**) ou de l'igname (**674**), celle de l'oseille de Guinée dans une parcelle d'arachide et de pois (**677**), celle de l'acacia albida dans les champs de céréales ou d'arachide (**866** p. 356).

Occuper l'espace des terres de façon différenciée

Quand le cultivateur garde dans ses parcelles de culture des arbres fruitiers comme le néré, le karité, le manguier, le figuier, le raisinier (*Lannea sp.*), le poupartia (*Sclerocarya birrea*), il doit tenir compte des microclimats créés aux pieds de ces arbres.

Sur la photo **679**, nous voyons que le sol ombragé par un manguier est occupé par une variété de concombre ombrophile. 20 à 25 mètres carrés de terre sont donc utilement récupérés pour la production. Cette association du manguier, généralement considéré comme un mauvais compagnon, et du concombre est possible si les pieds de ce dernier sont bien alimentés en fumure organique et en eau, entre les racines du manguier.

Ailleurs, des buttes d'igname sont réalisées à l'ombre d'un karité (**678**). Vu sous l'angle de la production, aucun mètre carré du champ n'est perdu.

L'occupation différenciée de l'espace du champ présente plusieurs **intérêts**:



Une variété ombrophile de concombre occupe l'espace ombragé au pied d'un manguier.

- ▲ elle permet d'**accroître la biomasse foliaire** et donc la photosynthèse totale qui se déroule dans le champ,
- ▲ elle **met en valeur des surfaces de sol** qui, en dessous des arbres, sont souvent délaissées. C'est important dans les exploitations familiales qui disposent de peu de terres.

Adapter les dispositifs de plantation

Toutes sortes de dispositifs sont possibles. Il s'agit, au moment des plantations, de tenir compte des besoins en lumière des espèces qui sont ou seront semées ou plantées. Nous y reviendrons au chapitre 34.

Sous les manguiers de la photo **680**, aucune culture ne peut être pratiquée, faute de lumière. Seules quelques herbes végètent. Par contre, dans le champ de la photo **681**, le dispositif est ouvert. La position des manguiers permet de réaliser des cultures entre les lignes.



Plantation de manguiers en dispositif serré (à gauche). Aucune culture n'est possible en sous-étage. À droite, le dispositif est plus lâche. Il est possible de cultiver entre les lignes.

682 *Influence des écartements sur la morphologie des pieds d'une plantation de caféiers*

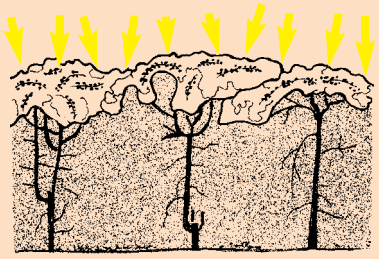
écartements larges

La lumière pénètre bien entre les arbres. Les branches basses restent vivantes. Les baies de café apparaissent sur les rameaux des étages bas taillés pour favoriser leur croissance régulière.



forte densité

Faute de lumière, les étages inférieurs ne forment plus de rameaux fructifères. Rien ne pousse sous l'ombre dense. Il n'y a de production de baies qu'au sommet des arbres.



Si les lignes sont établies d'est en ouest, en suivant le mouvement du soleil, l'ensoleillement des étages bas sera plus long au cours de la journée que si elles le sont du nord au sud.

La figure **682** présente le cas de plantations de caféiers robusta. Une densité correcte de plantation de caféiers permet à la lumière d'accéder aux étages inférieurs des arbres et de multiplier les rameaux florifères, et donc les fruits.

Par contre, si les arbres sont trop serrés, ils risquent de se développer en forme de cloche et de voir dépérir les branches inférieures.

En réglant la densité, il est possible d'effectuer un semis intercalaire: haricot, arachide ou plantes fertilitaires. C'est au moment de la plantation des arbres qu'il faut prévoir le dispositif le plus intéressant.

Pour le théier, par contre, c'est la structure en table qui va être recherchée, afin que les jets foliaires soient exposés en plein soleil et puissent être récoltés aisément (**658**, plus haut).

Tailles et élagages

La taille des arbres en forme de cylindre permet au cultivateur du champ **684** de cultiver le coton dans l'étage inférieur. Celui-ci a besoin de beaucoup de lumière. Les arbres gardent leurs feuilles actives durant toute l'année, alors que le coton ne reste en champ que durant quatre mois.

Nous avons vu sur la photo **190** (chapitre 12), rappelée ci-dessous, une gestion raisonnée de petits massifs de neems, en plein champ. S'il est laissé à lui-même, le neem développe une couronne dense et large sous laquelle presque rien ne pousse. Par contre, si les pieds sont exploités en souches produisant des baliveaux, leur ombrage est limité. La pratique consiste à laisser filer les baliveaux, mais à les couper avant qu'ils n'élargissent leur cime. Cela permet d'exploiter l'énergie lumineuse et de produire du bois dans les champs, sans gêner les cultures sous-jacentes par un ombrage inadéquat. Il se peut qu'on doive contrôler l'extension des racines par des tailles racinaires, pour éviter qu'elles ne concurrencent trop fortement les cultures de l'étage inférieur.



683 *Gestion de la lumière dans une plantation d'arbres fruitiers*

Les arbres sont serrés, leurs feuillages se touchent. Seules quelques herbes basses poussent en dessous.



Les mêmes arbres ont été taillés en cylindres. La lumière se répand sous les arbres. On peut cultiver d'autres espèces entre les pieds des fruitiers.



Les arbres de cette parcelle sont élagués en cylindres afin de permettre la culture du coton.



Tuteurage

Le tuteurage est une pratique qui favorise une bonne utilisation de la lumière, pour les plantes lianeuses ou sarmenteuses. Le haricot à rame, par exemple, se fixe sur des supports au moyen de ses vrilles. Laissé à lui-même, il va s'étaler sur le sol. Il recouvre de ses feuilles d'autres pieds voisins, et gêne le passage de la lumière.

Le tuteurage permet aux pieds des haricots de s'élever dans l'espace aérien. Toutes ses feuilles se disposent de façon à exploiter au mieux la lumière (**685** et **686**).



Haricots à rames tuteurés sur des trépieds faits en tiges de sétaria.

Tuteurage de l'igname sur butte



Grands champs de haricots à rames, au Rwanda. Les tuteurs (en bas) sont des tiges sèches de sétaria récoltées dans les lignes antiérosives.







Ci-dessus, au Viêt-nam, des troncs d'arbres secs sont dressés pour servir de tuteurs à une variété héliophile de poivrier. Entre les lignes, le terrain est occupé par la patate douce et l'ananas. A droite, ce sont les troncs de cocotiers qui servent de tuteurs à une variété ombrophile du poivrier.

D'autres plantes ont besoin de tuteurs pour bien exploiter la lumière: l'igname (**687**), le poivrier (**688** et **689**), la baselle, les fruits de la passion, la tomate (**690**), etc.

Palissage

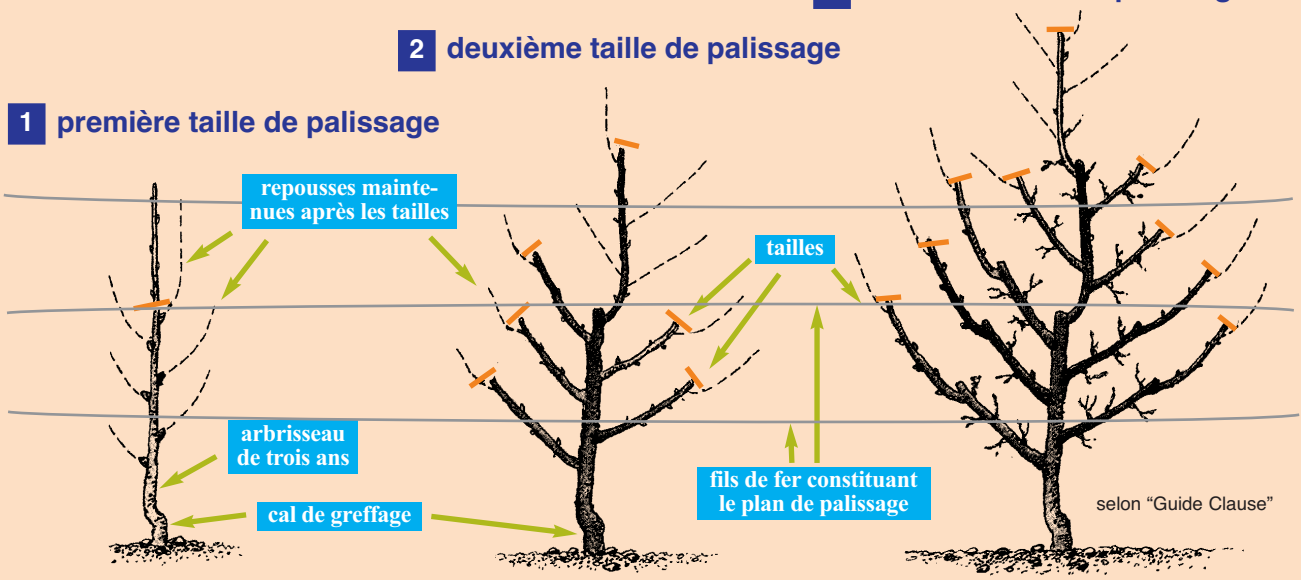
Le **PALISSAGE** consiste à tailler les branches d'un arbre ou d'un arbuste de façon à les disposer dans un plan, plutôt que de laisser l'arbre évoluer librement. Cela se pratique le long d'un mur ou d'un treillis (**691**).

L'avantage du palissage est que les rameaux florifères et fructifères sont bien exposés à la lumière et que la cueillette des fruits est aisée. Les plants palissés sont disposés en lignes bien orientées par rapport au soleil et occupent peu de place.



Tuteurage sur cadre de la tomate

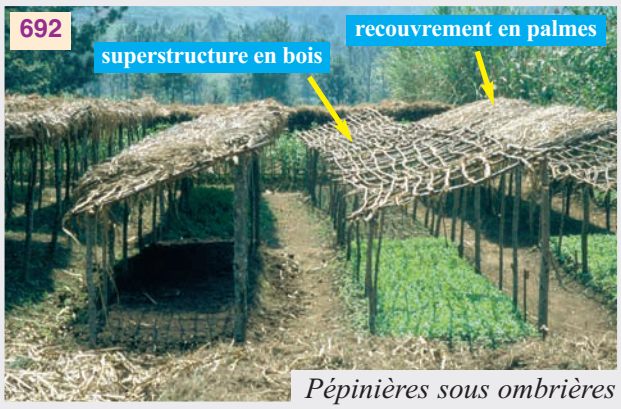
691 Palissage d'un arbre dans un plan



On garde les rameaux qui se trouvent dans un même plan. On les attache au mur, au treillis ou aux fils constituant le plan de palissage. On élimine les rameaux qui ont tendance à pousser en dehors du plan.
On s'assure de ce que les rameaux maintenus soient bien des rameaux florifères.

Ombrage

Jusqu'à présent, nous avons envisagé des pratiques qui permettent une plus large utilisation de l'énergie lumineuse dans les champs et les plantations. Mais dans bien des cas, c'est de l'ombre qui est recherchée. On veut en particulier éviter que les jeunes plantes ne soient directement frappées par les rayons du soleil et qu'elles ne se flétrissent à cause d'un excès de chaleur, ou faute d'eau. La recherche de l'ombrage est donc plus liée au réglage de la température et de l'humidité des cultures qu'à la gestion de la lumière proprement dite.



Pépinières sous ombrières

Les ombrières

L'ombrage est souvent accepté par les jeunes plantes. Même si elles ont besoin de lumière pour s'installer, elles préfèrent souvent la fraîcheur et une bonne humidité du sol, ce qui est difficile à maintenir sur une parcelle pleinement exposée au soleil.

Sur la photo **692**, nous voyons des ombrières. Des claies en pailles ou en raphia sont déroulées sur des chassis en bois. Elles laissent passer une lumière tamisée. En serrant ou en desserrant les claies, on règle la quantité d'énergie lumineuse qui touche les plantes.

Arbres d'ombrage

Certaines espèces d'arbres apprécient une ombre légère à l'âge adulte, d'autres lui sont indifférentes.

La photo **694** a été prise dans une plantation de cacaoyers (dont on voit les feuilles ovales en bas). De grands arbres au feuillage léger dominent la plantation. Ils filtrent les rayons solaires sans jamais empêcher totalement la lumière de passer.

Le tableau **693** relève les caractéristiques recherchées pour les arbres d'ombrage. Nous voyons que leur intérêt n'est pas lié à la seule énergie lumineuse. Les espèces les plus intéressantes sont celles qui servent aussi à fertiliser le sol.

Une plantation pérenne d'arbres s'établit en plusieurs années. Il est bon, par conséquent, de mettre au point un plan d'établissement. Les espèces se succèderont au cours des saisons, de façon à valoriser les espaces laissés libres entre les jeunes pieds. Le tableau **695** montre l'évolution de l'ombrage d'une plantation de cacaoyers. Entre le temps de la plantation des jeunes pieds de cacaoyers et le temps de leur plein développement, plusieurs espèces se succèdent.

Quelles sont les plantes d'ombre ou de lumière que nous cotoyons? Pouvons-nous distinguer les variétés des espèces cultivées, en fonction de leurs besoins en lumière? Quelles sont les techniques de réglage de la lumière et de l'ensoleillement des plantes cultivées que nous observons dans notre milieu?

693 Caractéristiques à rechercher pour un arbre d'ombrage

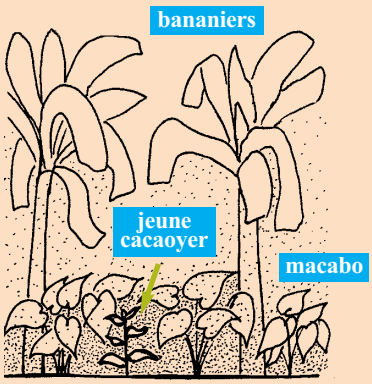
- il supporte bien les tailles d'élagage et d'entretien
- il fournit lui-même des produits utiles à l'agriculteur (bois d'œuvre, bois de chauffe, fourrages, fruits,...
- son enracinement est peu envahissant en surface et ne concurrence pas celui des espèces cultivées
- il possède des racines profondes qui puisent l'eau et les sels minéraux dans les couches profondes du sol
- son feuillage est léger; il tamise la lumière. Les arbres qui ont des petites feuilles et des feuilles composées sont les plus intéressants
- son tronc est unique; il ne produit pas de rejets racinaires à ses pieds
- il produit une litière abondante et fertilisante pour le sol
- il pousse suffisamment haut pour ne pas gêner les arbres se développant dans les étages sous-jacents
- il ne favorise pas l'installation de ravageurs ou de maladies susceptibles d'attaquer les cultures sous-jacentes


694

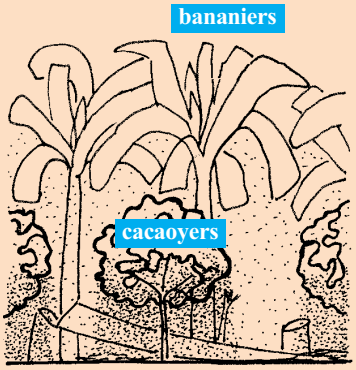
Toutes ces caractéristiques idéales sont rarement réunies chez une seule et même espèce.

695 Évolution progressive de l'ombrage dans une jeune plantation de cacaoyers

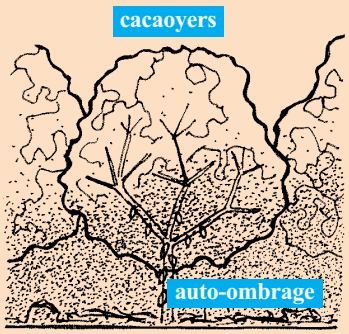
1ère année: repiquage des jeunes cacaoyers à l'ombre des bananiers; plantation de macabo



de la 2e à la 4e année: croissance des cacaoyers à l'ombre; éclaircissages de la bananeraie



à partir de la 5e année: auto-ombrage des cacaoyers (en particulier de leurs fleurs et de leurs cabosses)





Chapitre 30
Besoins en eau et agriculture sous pluie

Les besoins en eau des plantes

Le déroulement de la vie des plantes se fait en phases successives au cours desquelles les besoins sont différents. Nous allons étudier dans ce chapitre le cycle végétatif d'une variété de sorgho et d'une variété d'igname et les analyser sous l'angle de leurs besoins en eau.

Les tableaux **696** et **698** sont divisés en plusieurs colonnes correspondant chacune à l'une des phases du cycle végétatif de la variété. Dans chacune des colonnes, nous analysons les différents aspects de la vie des plantes, en relation avec la pluviométrie et le déroulement des travaux agricoles.

Les dessins représentent approximativement le stade de développement des plantes. Pour chaque période, on a suggéré le niveau de leurs besoins en eau sous forme de canaris.

Ensuite, nous résumerons ces deux tableaux sous forme graphique, en relation avec le calendrier des pluies (**697** et **699**). Les cycles végétatifs et les besoins en eau du sorgho et de l'igname seront représentés le long d'une échelle du temps mesurée en semaines.

Nous voyons sur ces graphiques que le cycle végétatif de notre variété de sorgho est de 18 semaines, de la germination à la maturation. Celui de l'igname est de 27 semaines. C'est le **temps qu'il faut au total pour que se déroule la vie saisonnière de ces variétés**, dans des conditions climatiques normales.

Certaines variétés d'igname peuvent avoir un cycle végétatif plus long: 32, 36 ou 40 semaines. Elles sont plus tardives que celle de notre exemple. D'autres sont plus précoces: elles ont besoin de moins de 27 semaines pour dérouler leur vie.

Pour le sorgho également, comme pour toutes les plantes cultivées, nous pouvons trouver des variétés précoces, dites "à cycle court", ou tardives, dites "à cycle long".

De ces tableaux, retenons surtout la méthode d'analyse. Nous pouvons l'appliquer à n'importe laquelle des variétés ou des espèces dont nous voulons connaître le comportement.

Calendriers agricoles

Lorsqu'on inscrit sur l'échelle du temps l'évolution des travaux culturaux et des cycles de développement des espèces cultivées, on établit un **CALENDRIER AGRICOLE**. Le calendrier agricole d'une exploitation se déroule en fonction des caractéristiques climatiques et des différents cycles végétatifs des plantes cultivées.

Ajustement des calendriers agricoles et pluviométriques

Le tableau **697** représente le cas du sorgho. Nous voyons que si le sorgho est semé en avril (en bas du tableau), dès la toute première pluie de la saison, il souffre de sécheresse au moment de la levée et de l'établissement. Ce semis trop précoce compromet la récolte. Par contre, si on attend quelques semaines pour semer au moment où les pluies sont déjà bien installées, le cycle se déroulera dans des conditions pluviométriques satisfaisantes jusqu'au bout.

Dans le tableau **699**, nous voyons deux cas de plantation d'igname. Ils sont représentés eux aussi en regard du calendrier des pluies. Dans le premier cas, elle a été plantée tardivement (10 semaines après les premières pluies). Nous voyons qu'elle ne peut se développer correctement à la fin de son cycle végétatif, car elle manque d'eau dès la 15e semaine de sa vie, au moment où elle doit remplir ses tubercules.

Par contre, dans le second cas, le semis a été précoce. Les boutures étaient déjà en terre au mois d'avril. Les plantes ont profité de toute la longueur de la saison pluvieuse et, en nous référant au calendrier des pluies, nous voyons que le remplissage des tubercules a pu se faire en août et septembre, alors que les pluies tombaient encore.

696 Vie saisonnière et besoins en eau d'une variété de sorgho

1 germination

La **germination** a lieu après les premières pluies.

Au moment des semis, le grain de sorgho est sec. Pour germer, il doit s'imbiber d'eau. Si le grain est en présence de l'eau du sol, cela peut prendre deux ou trois jours. Il faut que les premières pluies soient tombées et qu'elles aient déjà humidifié le sol.

Lorsque le grain est imbibé d'eau, il laisse sortir la tigelle et la radicule qui vont former la jeune plante. Cela se passe en cinq jours environ.

L'imbibition des graines (gonflement par l'eau) et la germination prennent donc ensemble environ 8 jours.

Tant que la graine est sèche, il n'y a pas de danger pour la plante. Mais dès que tigelle et radicule sont sorties, la toute jeune plante est très sensible à la sécheresse.

La jeune plante ne se nourrit que des réserves de la graine qui sont faibles. Elle n'est pas encore capable de puiser vigoureusement l'eau et la nourriture du sol puisque ses racines ne sont pas encore bien développées. Si le sol se dessèche à ce moment, la plante risque de mourir.

Le travail agricole consiste principalement à ouvrir le champ (défrichement, nettoyage, labour) et au semis. Ces travaux ont lieu lorsque les toutes premières pluies de la saison ont rendu le sol assez meuble pour être travaillé.



2 levée

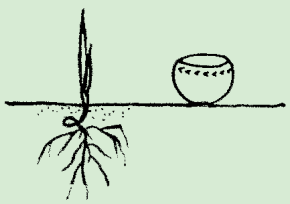
La **levée** se produit au début de la saison des pluies, lorsque les couches superficielles du sol sont bien humides.

C'est le moment où les toute premières pousses sortent de la terre. Les racines sont déjà capables de puiser l'eau et la nourriture dans le sol, mais elles sont encore courtes et peu nombreuses.

Durant la levée, le sol est nu et les rayons du soleil le frappent. Ils dessèchent les couches les plus superficielles, qui sont précisément celles où se développent les jeunes racines.

La plante est très sensible à la sécheresse des couches superficielles du sol. Si les pluies s'arrêtent, les plantules n'ont pas encore les réserves d'eau suffisantes pour résister. On risque donc le flétrissement des jeunes plantules: cela s'appelle la **FONTE** des semis.

Toutes les pratiques agricoles qui permettent de réduire l'évaporation de l'eau du sol durant cette période sont bienvenues. A part cela, le travail agricole est nul à ce moment.



3 tallage

Le **tallage** a lieu lorsque les pluies battent leur plein.

Le tallage est le moment où la plante multiplie le nombre de ses tiges. Ce nombre déterminera le nombre d'épis.

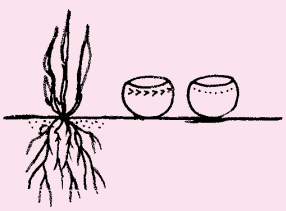
C'est à ce moment aussi que les racines se mettent à croître rapidement en profondeur. Il faut que les couches profondes soient bien imbibées d'eau.

Le développement se passe entre le 15e et le 35e jour après le gonflement de la graine, soit entre la troisième et la sixième semaine après la germination.

Le tallage peut être menacé si les pluies n'ont pas été suffisamment abondantes pour imbiber le sol en profondeur. Il est menacé aussi si l'eau de pluie a ruisselé dans les rigoles plutôt que de pénétrer le sol.

Toutes les pratiques agricoles qui favorisent l'infiltration de l'eau dans le sol sont favorables à cette période.

Le travail agricole est celui des sarclages et de l'entretien des champs.



Sur les dessins, les calebasses représentent l'importance des besoins en eau de la plante

suite →

696 *(suite)*

4 montaison

La **montaison** est la période durant laquelle les tiges de cette variété montent jusqu'à trois ou quatre mètres de hauteur. Cela se passe entre le 35e et le 85e jour après la germination (de la 5e à la 13e semaine). La montaison se situe durant les mois les plus pluvieux.

Pour construire ses hautes tiges et ses feuilles, le sorgho a **besoin d'énormément** d'eau et de sels minéraux. Si nous pesons un pied de sorgho arrivé à la fin de sa croissance (montaison), nous pouvons penser que ses racines ont puisé dans le sol et transpiré dans l'air bien plus de 100 fois son poids.

Pendant cette période, la plante boit beaucoup, mais si les pluies manquent durant quelques jours, la croissance ralentit pour reprendre ensuite lorsqu'elles réapparaissent. Les risques de dessèchement sont assez faibles, parce que la plante a déjà constitué des réserves et que les couches plus profondes du sol continuent à l'alimenter quelque peu. Par contre, les risques de maladies ou d'attaques parasitaires peuvent exister.

Le travail agricole est l'entretien et le sarclage.



5 épiaison

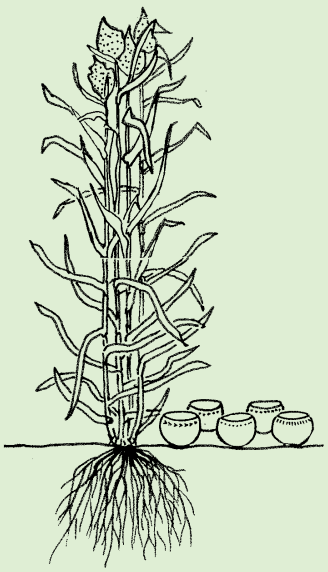
L'**épiaison** est la période durant laquelle se forment les épis et les fleurs. C'est durant cette phase que se déroule la **fécondation,** directement suivie de la **nouaison.**

L'épiaison se passe entre le 80e et le 105e jour (de la 12e à la 16e semaine). Comme dans l'étape précédente, les **besoins en eau sont élevés** puisque la plante fabrique beaucoup de matières vivantes.

Il faut beaucoup d'eau parce que les organes floraux et les ovaires noués ne supportent pas la sécheresse, étant donné leur grande sensibilité et fragilité.

Si le cycle se déroule normalement, les réserves en eau du sol sont abondantes, car elles ont bénéficié des pluies de plusieurs semaines qui ont eu le temps de s'infiltrer en profondeur dans le sol.

Il existe un grand risque pour la production au moment précis où les fleurs s'ouvrent pour la fécondation. Si les filaments qui portent le pollen, ou ceux qui le reçoivent, sont desséchés, les grains risquent d'être vides.



6 maturation

La **maturation des grains** se déroule à la fin de la saison des pluies et au début de la saison sèche.

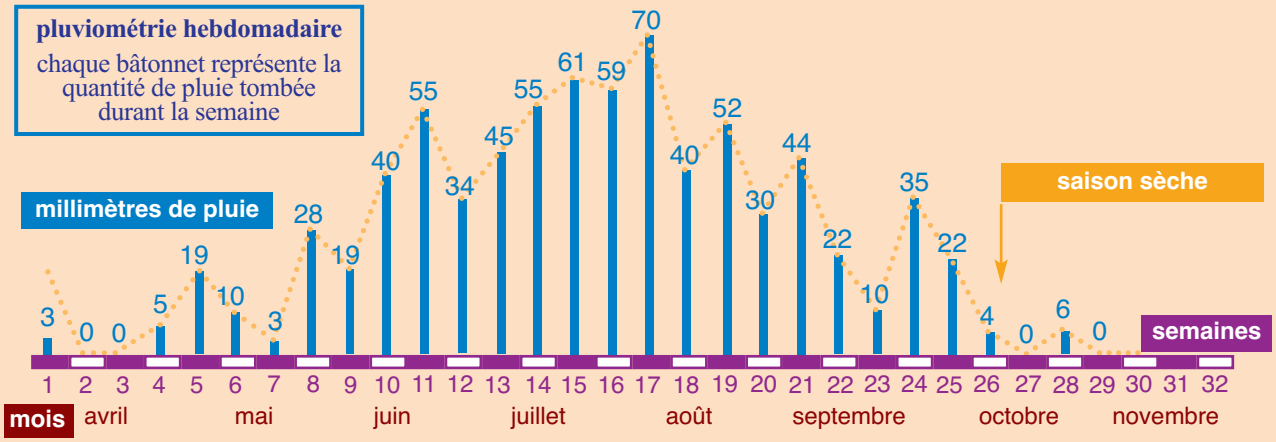
Durant cette période, les grains se remplissent de réserves alimentaires. Pour ce remplissage, ils puisent le peu d'eau nécessaire **dans les tiges** qui se dessèchent petit à petit. C'est la **translocation** des réserves. Durant la maturation, les racines sont peu actives et dépérissent, les tiges ne sont plus dépendantes des pluies. Qu'il pleuve ou qu'il fasse sec, la plante a assez d'eau dans ses longues tiges et dans ses feuilles pour nourrir ses grains. Constatons d'ailleurs qu'un grain de sorgho contient peu d'eau, contrairement à d'autres produits agricoles qui en contiennent énormément (comme l'igname). Vers le 140e jour (20e ou 21e semaine), les épis sont mûrs et peuvent être récoltés.

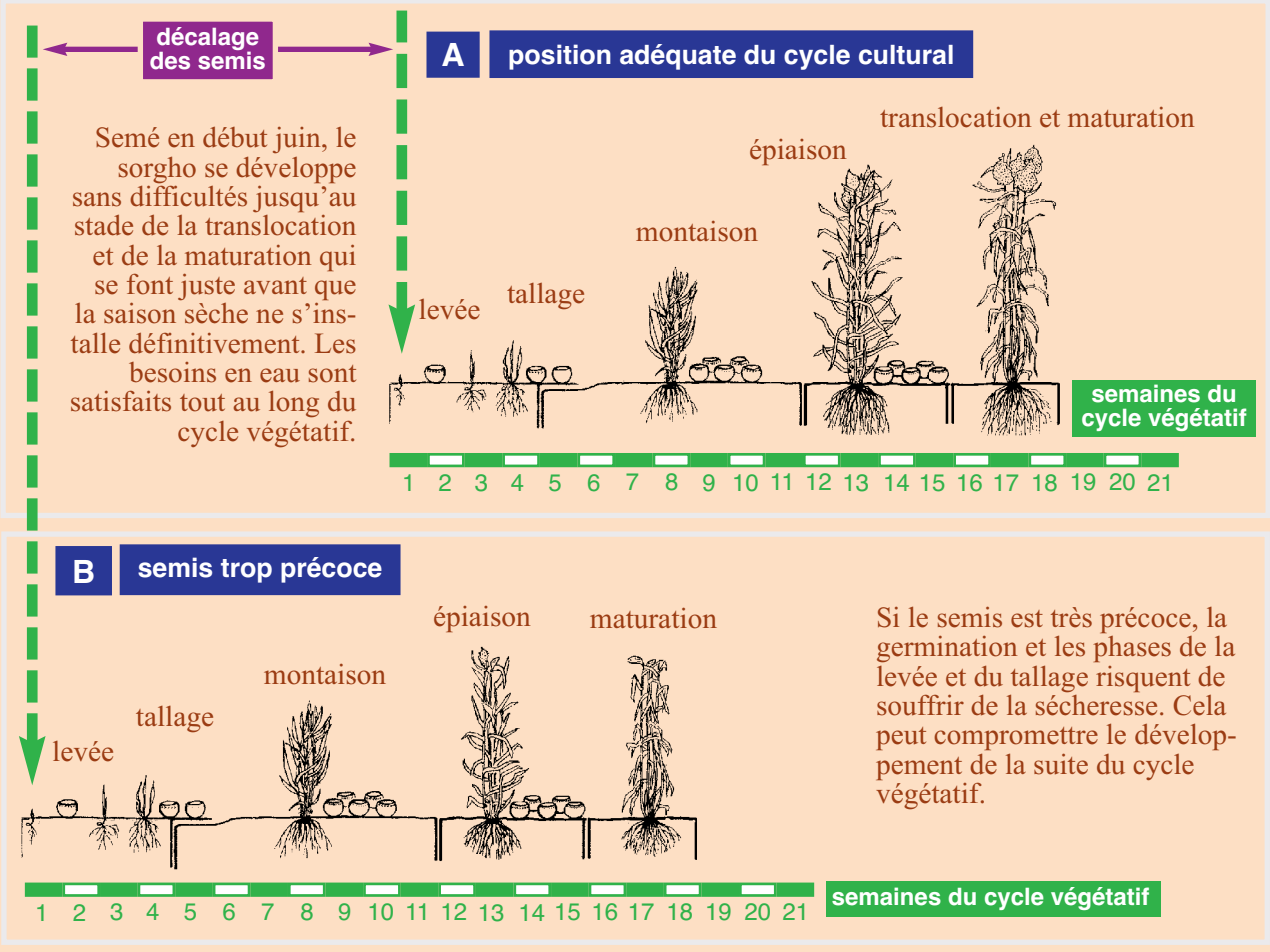
Si tout s'est bien passé durant les périodes précédentes, le sorgho n'est plus menacé par la sécheresse. D'autres plantes associées au sorgho peuvent alors profiter de l'eau de pluie stockée dans le sol, sans concurrencer le sorgho.

Après cette période, le travail consiste à récolter, transporter et stocker les épis.



697 *Position du cycle cultural d'une variété de sorgho par rapport au calendrier des pluies*





Le **cycle cultural** doit trouver sa place dans le **calendrier des pluies** de façon à ce que les besoins en eau soient satisfaits à chacune des **phases végétatives** de la variété cultivée. Le choix du cultivateur se porte donc sur:

- ❒ les dates de semis les plus adaptées à la variété semée,
- ❒ la durée plus ou moins longue du cycle végétatif de la variété à ensemencer

698 Vie saisonnière et besoins en eau d'une variété d'igname

1 débourrage et établissement

Le collet d'igname est planté lors des premières pluies. Dès que l'humidité est suffisante, la bouture se réveille et développe ses premiers jets et ses racines. C'est le **débourrage**. Les jets se nourrissent des réserves contenues dans la bouture jusqu'à ce que les racines entrent pleinement en fonction.

Souvent, l'agriculteur pose quelques feuilles ou pailles au-dessus de la butte pour éviter la forte chaleur. Il donne ainsi un peu d'ombre aux jeunes pousses naissantes et maintient un peu d'humidité dans la butte.

Le travail agricole consiste à faire les buttes, à tailler les boutures, à les planter au sommet des buttes, à recouvrir celles-ci d'un peu de paille, et à installer les tuteurs au sommet des buttes.



2 croissance



La **croissance des lianes** se déroule lorsque la saison des pluies est bien installée. Elle se passe en deux étapes. C'est d'abord la croissance des lianes et des racines, puis celle des feuilles.

Durant la croissance, la plante a besoin de beaucoup d'eau pour fabriquer les lianes et les feuilles. Les réserves alimentaires stockées dans les tubercules seront d'autant plus abondantes que le feuillage sera bien développé et que les racines se seront bien enfoncées dans la butte.

Cette période de croissance dure environ dix semaines. Elle doit se dérouler en pleine saison des pluies, car les plantes ont un **grand besoin d'eau**.

Si le feuillage se développe insuffisamment, les réserves qui seront stockées dans les tubercules seront faibles.

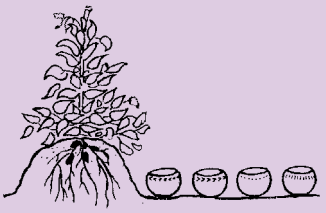
3 tubérisation

La **tubérisation** se situe également durant la pleine saison des pluies. Lorsque la plante est bien fournie en lianes et en feuilles, elle commence à former ses tubercules. Cela se passe en même temps que la floraison et dure une quinzaine de jours.

C'est à cette période que le manque d'eau dans le sol est le plus grave et peut compromettre définitivement la récolte. C'est pourquoi il faut qu'elle se situe durant les semaines les plus pluvieuses de la saison.

Lorsque les tubercules sont nés sur les racines, ils doivent se remplir. Le remplissage dure 7 à 8 semaines.

Si la terre a été humidifiée en profondeur, le risque de manque d'eau est faible, car les racines ont eu le temps de croître en profondeur. Elles peuvent s'abreuver avec l'eau des couches profondes situées sous la butte.



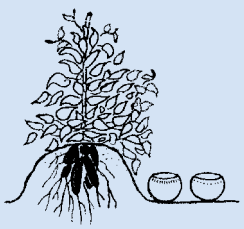
4 remplissage et maturation

La maturation dure environ 4 semaines. La plante transporte vers les tubercules la nourriture et les réserves fabriquées et stockées dans ses feuilles et ses tiges.

A cette période, les racines ne sont plus très actives et peuvent dépérir. Les tubercules ne dépendent plus ni de la pluie, ni de l'humidité du sol.

Lorsque les tubercules sont arrivés à maturité, une trop grande humidité de la terre peut provoquer la pourriture. C'est pourquoi la pratique de la culture sur butte est intéressante, car la terre buttée est plus sèche que la terre des sillons.

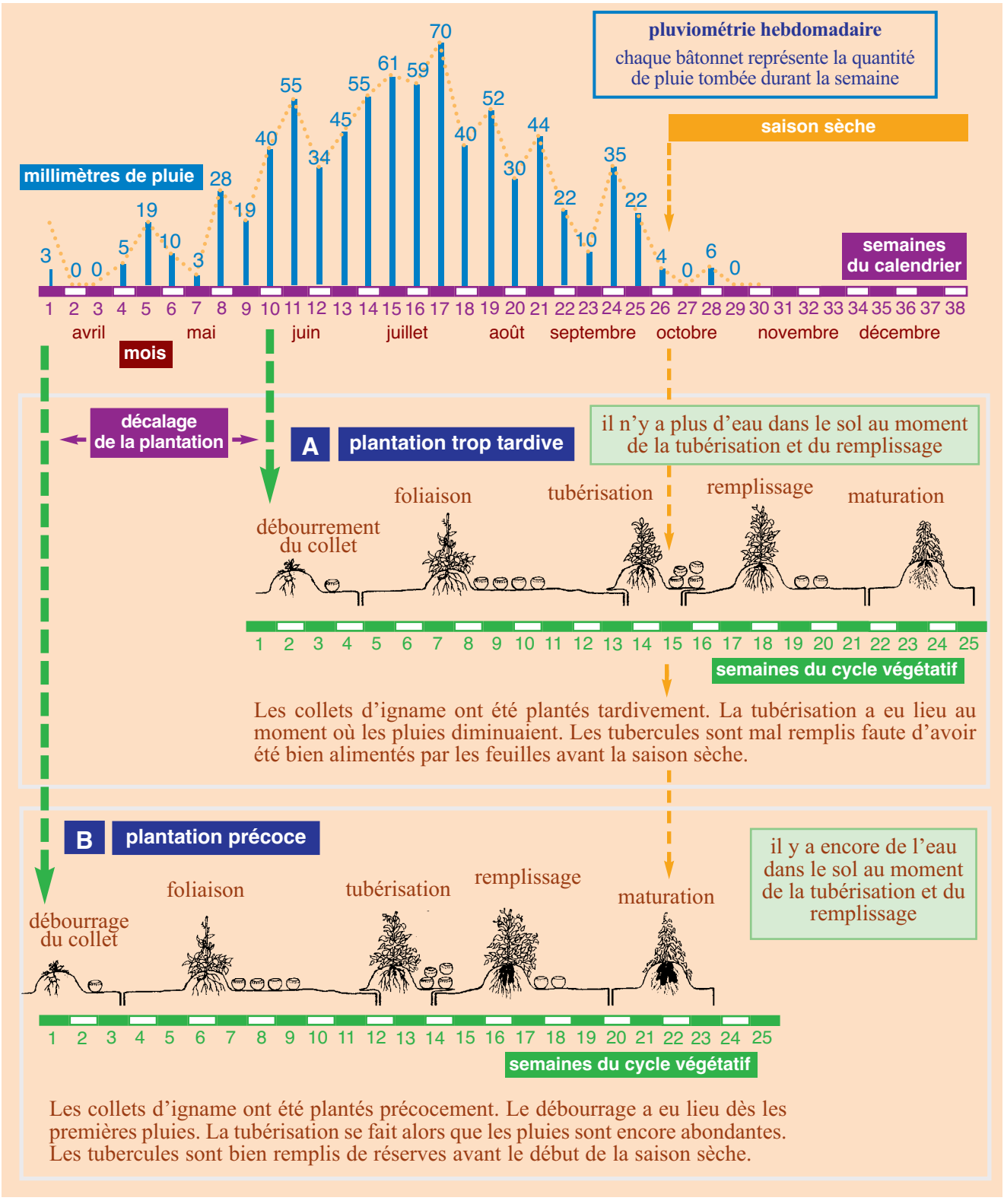
A cette époque, le travail est intense pour l'arrachage des tubercules et leur transport vers la ferme.



Les périodes durant lesquelles le rendement de l'igname peut être le plus menacé sont celles de la croissance du feuillage et de la tubérisation.

Sur le dessin, des calebasses représentent l'importance des besoins en eau de la plante

699 *Position du cycle cultural d'une variété d'igname en fonction du calendrier des pluies*



Dans une exploitation familiale, le nombre d'espèces cultivées est important. Chaque espèce a ses exigences propres en eau. Si le cycle de chaque espèce, ou même de chaque variété, est mis en regard du calendrier des pluies, on peut établir un calendrier agricole complet.

Les **calendriers agricoles**, ou calendriers de cultures, **dépendent d'un grand nombre de facteurs**:

- ✓ les **calendriers des pluies** et des saisons déterminent le **temps disponible** durant l'année pour réaliser des cultures pluviales saisonnières ou plurisaisonnières. Il faut tenir compte du caractère variable de la pluviométrie, et des **risques** que comporte cette variabilité pour les cultures pluviales.

  C'est aussi le calendrier des pluies qui détermine les périodes au cours desquelles peuvent se pratiquer les cultures en inondation ou en décrue, dans les bas-fonds non aménagés;
- ✓ le **cycle de production des espèces** et des variétés cultivées. Ces cycles doivent rencontrer une pluviométrie qui leur convienne. Nous avons vu par exemple que la culture du sorgho et de l'igname peuvent être avancées ou reculées dans le calendrier d'exploitation (**697** et **699**).

  Le cultivateur peut aussi choisir des variétés dont le cycle est plus ou moins court ou long, selon la durée de la saison pluvieuse;
- ✓ les **travaux culturaux** à réaliser pour chacune des espèces. Ces travaux doivent être en phase avec le cycle et le développement des plantes: labour, sarclage, démariage, soins phytosanitaires, récoltes, etc. Plus grande est la biodiversité dans l'exploitation, plus variés sont les travaux agricoles;
- ✓ la **main-d'œuvre disponible**. L'étalement des travaux en fonction de la disponibilité de la main-d'œuvre est parfois un objectif;
- ✓ le **type de terre** mis en culture: sableuse, argileuse, flanc de colline, bas-fond;
- ✓ les **modes de cultures**: cultures pures, associations culturales, cultures multiétagées, etc.

Premier exemple de calendrier agricole

Prenons l'exemple du calendrier agricole d'une zone traditionnelle du Soudan au mileu du 20e siècle (**700**). Les agriculteurs **azandés** distinguent plusieurs types de champs qu'ils dénomment dans leur langue. Nous voyons que chaque parcelle de culture a son calendrier agricole propre. Ces calendriers sont décalés dans le temps, les uns par rapport aux autres, entre le mois de mars et le mois de décembre, car la zone est relativement pluvieuse.

700 Calendrier agricole traditionnel chez les Azandés du Soudan

1er champ: *baawande*

Les plantes dominantes sont l'arachide et l'éleusine. Secondairement, on trouve dans ce champ du maïs, du manioc et des herbes diverses. Voici le calendrier des travaux sur ce champ:

- ouverture et houage: mi-mars à fin mai
- brûlis et nettoyage: mi-mars à fin mai
- abattage des arbres: mi-mars à fin mai
- semis du maïs: mai à mi-juin
- plantation du manioc: mi-mai à mi-juin
- semis de l'arachide: mi-mai à mi-juin
- entretien du champ où domine l'arachide: mi-juin à fin juillet
- arrachage de l'arachide combiné avec le semis d'éleusine: mi-octobre à fin décembre
- entretien de l'éleusine: mi-octobre à mi-novembre
- récolte du maïs: octobre à décembre
- récolte de l'éleusine: décembre, janvier

2e champ: *oti-moru*

Dans ce champ établi à plat, les plantes dominantes sont le maïs, le manioc, l'éleusine et, secondairement, on trouve le sésame et d'autres plantes locales. Voici le calendrier des travaux sur ce champ:

- ouverture de la défriche: mi-mai à fin juillet
- nettoyage et brûlis: fin mai à mi-août
- abattage des arbres: mi-juin à fin juillet
- semis du maïs: début juillet à mi-août
- plantation du manioc: août
- semis de l'éleusine, du sésame et de plantes diverses: mi-juin à fin juillet
- sarclages et entretiens: septembre à novembre
- récolte du maïs: octobre à mi-décembre
- récolte de l'éleusine: mi-octobre à fin janvier
- récolte du sésame et des plantes diverses: décembre et janvier.

700 (suite)

3e champ: *nduka*

Il s'agit d'un champ établi sur billons. Les plantes associées sont le maïs, la courge et la patate douce. Voici le calendrier des travaux sur ce champ:

- établissement des billons: mars, avril, mai
- semis des courges et du maïs: mars, avril, mai
- semis de la patate douce: mi-mai à mi-septembre
- sarclage et entretien: mi-mai à fin octobre
- récolte du maïs: mi-octobre à mi-décembre
- récolte de la courge: octobre
- récolte de la patate douce: mi-décembre à mi-janvier.

4e champ: champ de coton

Le champ n'a pas de nom local, car il a été imaginé dans la région par les Européens. Il ne comporte que du coton, à l'exception parfois de quelques petits légumes. On l'établit soit sur défriche forestière, soit sur un champ déjà planté en coton l'année précédente. Dans le premier cas, on procède à l'abattage des arbres et au brûlage. Dans le second, à la récolte sanitaire et au brûlage des déchets. Le calendrier est le suivant:

- ouverture du champ, brûlage et labour: mai - juin
- semis du coton: juin
- sarclages et entretiens: mi-juin à mi-octobre
- récolte du coton: mi-octobre à mi-décembre.

Pierre de Schlippé, *Ecocultures d'Afrique* (Shifting cultivation in Africa)

Traditionnellement, le **calendrier décrit**:

- le **nom** du champ,
- les **plantes** qui y sont cultivées,
- les **travaux** réalisés,
- la **période** où ils sont réalisés.

Nous voyons que le calendrier agricole de cette exploitation est complexe et que les travaux agricoles s'étalent tout au long de l'année.

Notes

Deuxième exemple de calendrier agricole

Le tableau **701** présente un calendrier cultural dans un jardin maraîcher composé de 6 planches de culture. Les opérations culturales y sont détaillées en regard de plusieurs dates. On trouve beaucoup plus de détails au chapitre 16 du livre *"Jardins et vergers d'Afrique"*.

Cette présentation du calendrier agricole peut être faite pour tous les champs et les parcelles d'une exploitation, soit comme un constat de ce qui s'est passé, soit comme prévision de l'activité agricole à mener.

Calendriers lunaires

Les cultivateurs âgés divisent l'année en mois lunaires plutôt que selon le calendrier du soleil. Le mois lunaire est le temps qui passe entre deux apparitions de la nouvelle lune. Souvent, il porte des noms particuliers dans les langues vernaculaires.

Les systèmes de production modernistes n'attribuent aucune attention au **CALENDRIER LUNAIRE**. Par contre, les agriculteurs soucieux d'insérer leurs pratiques dans le contexte écologique de leur exploitation y sont souvent attentifs. Ils considèrent en effet que les mouvements lunaires ont une influence sur l'activité des plantes: montée de sève lorsque la lune est croissante ("allumée à droite"), et faible remontée lorsque la lune est décroissante ("allumée à gauche"). Ils en tiennent donc compte, par exemple lorsqu'ils font le bouturage, le greffage, la taille, les transplantations de jeunes arbres, etc.

La plupart des techniciens ne reconnaissent pas l'influence des mouvements lunaires en raison du fait qu'elle n'a pas été démontrée scientifiquement. Mais elle est reconnue empiriquement par bon nombre de cultivateurs. De nombreuses religions de terroirs prennent en compte l'évolution du calendrier lunaire pour ouvrir les campagnes agricoles ou autoriser certaines récoltes.

Calendrier des travaux et main-d'œuvre agricole

L'agriculture familiale a besoin de main-d'œuvre. Ces besoins varient selon les circonstances:

- **selon les phases du développement de chaque espèce**: préparation de la terre, semis, entretien, récoltes;

701 Calendrier agricole dans un jardin maraîcher

dates	planches A et B	planches C et D	planches E et F
1er avril	préparation de la pépinière	préparation de la pépinière	
10 avril	semis du gombo en pépinière	semis de laitue en pépinière	
15 avril	préparation des planches	préparation des planches	préparation des planches
1er mai	repiquage du gombo	repiquage des laitues	semis de l'amarante
20 mai		semis de gombo	
10 juin			semis de gombo
20 juin		1ère récolte de laitue	
10 juillet	1ère récolte de gombo frais	dernière récolte de laitue	1ère récolte d'amarante
1er août		1ère récolte de gombo frais	pleine récolte d'amarante
15 août			1ère récolte de gombo frais
20 août	semis de morelle noire		
15 septembre	fin récolte de gombo frais		
1er octobre	cueillette de morelle		
10 octobre		fin récolte gombo frais fin des arrosages	
30 octobre	dernière cueillette de morelle, fin des arrosages		fin récolte de gombo frais fin des arrosages

- ❏ **selon la diversité des cultures** en cours dans l'exploitation. L'étalement et la variété des travaux sont plus importants lorsque les cultures sont diversifiées;
- ❏ **selon la variété des terres de l'exploitation**. La main-d'œuvre est mieux répartie au cours de l'année lorsqu'elle peut travailler sur des terres de plateaux, des terres de bas-fonds, des parcelles irrigables en saison sèche, etc.;
- ❏ **selon le caractère multifonctionnel de la végétation cultivée**. Certaines espèces d'arbres ou d'herbes demandent parfois des travaux au cours des saisons sèches.

Tout calendrier agricole doit tenir compte de la main-d'œuvre disponible dans l'exploitation ou sur le marché local du travail.

Si la saison pluvieuse est longue, ou que deux saisons pluvieuses se succèdent, il est possible de maintenir de la main-d'œuvre familiale ou salariée à la ferme. Si par contre le calendrier de culture est bref (trois à quatre mois par exemple), le maintien de la main-d'œuvre dans la ferme est difficile puisque celle-ci est appelée à chômer durant de longs mois. Les jeunes travailleurs ont alors tendance à exoder vers les villes, les zones industrielles, les zones minières, ou d'autres pays ou continents.

Par rapport à cette question d'**exode rural**, plusieurs **pistes** peuvent être suivies:

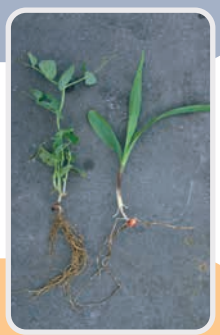
- ❍ **accroître les disponibilités annuelles en eau du sol**, grâce à des systèmes d'arrosage d'appoint. Cela rend possible:
  - ⇨ la diversification des espèces et variétés mises en culture, et donc l'**étalement des travaux**,
  - ⇨ un **second cycle** de culture dans les zones où l'arrosage est possible en saison sèche (cultures de contre-saison),
  - ⇨ la mise en culture d'**espèces plurisaisonnières** ou d'arbres. Les appoints d'eau leur permettent éventuellement de franchir les mois de saison sèche sans dépérir;
- ❍ développer les **cultures multiétagées** agroforestières. L'entretien des arbres, les récoltes de bois ou des fruits et leurs transformations, accroissent la demande en travail et permettent de réduire le chômage chronique;
- ❍ les **cultures intercalaires de fourrages** dans les champs céréaliers. Elles occupent de la main-d'œuvre pour les semis, le fauchage, le séchage, la vente, etc.

Quels calendriers agricoles observons-nous dans les exploitations familiales environnantes? Quelles sont les méthodes de culture qui tentent de modifier ou de décaler les calendriers agricoles en fonction des événements climatiques ou économiques? Comment peut-on organiser les calendriers agricoles en vue de maintenir et de développer l'emploi rural?

Notes

Partie 10

Racines dans le sol, travail du sol



Dans ce groupe de chapitres, nous allons étudier les racines des plantes et les façons dont elles occupent le sol. Nous observerons leurs formes et le travail qu'elles effectuent. Nous parlerons des différentes façons de travailler le sol en vue de préparer les cultures.

Chapitre 31

Les racines

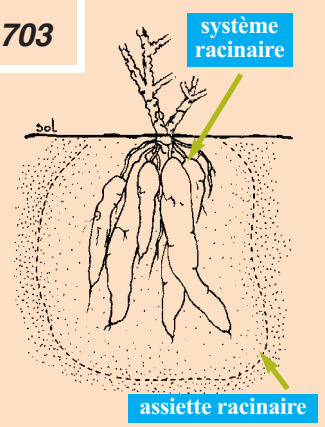
Les **RACINES** sont les organes qui fixent les plantes dans le sol, qui s'y abreuvent, qui y puisent les aliments minéraux et organiques nécessaires à la vie végétale. L'ensemble des racines d'une plante est appelé **SYSTÈME RACINAIRE**. Nous allons en rencontrer plusieurs dans les pages qui suivent. Nous utiliserons aussi le mot **ENRACINEMENT**.

L'**ASSIETTE RACINAIRE** d'une plante est le **volume de sol réellement exploité** par le système racinaire. Sa forme est déterminée par les caractéristiques générales de la plante et par les caractéristiques du sol qu'elle exploite. En effet, lorsqu'on parle de l'assiette racinaire, on doit tenir compte non seulement de la longueur des racines mais aussi du fait que celles-ci **captent l'eau et les minéraux à une certaine distance** (quelques millimètres ou centimètres). L'assiette racinaire est donc souvent plus large que l'enracinement lui-même.

Par exemple, les racines de manioc peuvent "appeler" l'eau et la nourriture à plusieurs centimètres de distance. Sur la figure 703, on a délimité en traits interrompus le volume de terre qui est exploité par les racines au moment où celles-ci se gonflent de réserves. Si le sol est argileux, l'eau aura **tendance à se déplacer** latéralement, **par capillarité**, de l'espace plus humide vers l'espace asséché par les racines. Dans un sol sableux, cette migration sera moins importante que dans le sol argileux.

Assiette racinaire

703



Ceci nous fait comprendre que si d'autres plantes poussent dans les environs, les racines peuvent entrer en concurrence pour l'absorption d'eau, même si une certaine distance les sépare et qu'elles ne se touchent pas.

Observer les racines

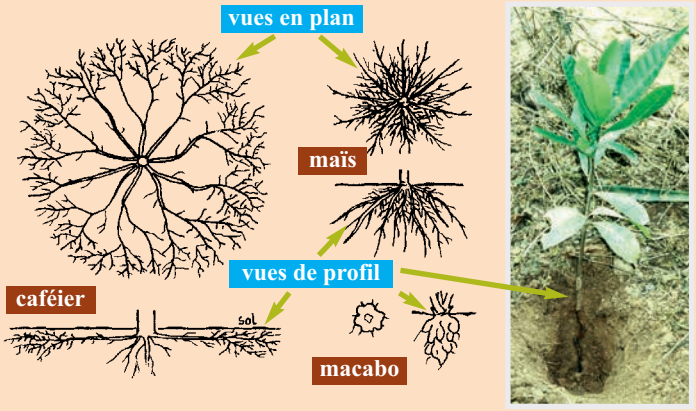
Représentation des assiettes racinaires

Nous pouvons observer le système racinaire d'une plante ou d'un arbre de façon individuelle, ou examiner celle de plusieurs plantes vivant en compagnonage.

Voici trois exemples d'assiettes racinaires représentées de deux façons: **vue de profil** comme si on avait fait une coupe verticale dans le sol, et **vue en plan** comme si on regardait les racines en plaçant les yeux dans l'axe de la tige. Les deux façons de représenter nous permettent d'imaginer les espaces occupés par les racines dans le sol (704).

Dans une parcelle de terre, nous pouvons nous faire une idée des **assiettes racinaires d'un ensemble de plantes** afin de nous rendre compte de l'occupation du sol (705). Si on connaît les modes d'enracinement des différentes espèces en présence, on peut rechercher les modes de plantation qui occupent au mieux le volume du sol, tout en limitant les trop fortes concurrences entre les plantes.

704 Représentation des assiettes racinaires



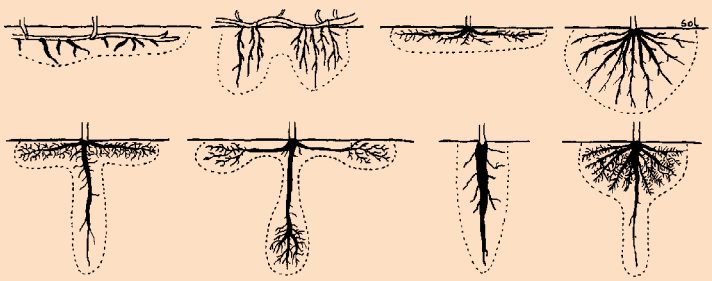
Pour connaître l'enracinement et la façon dont il exploite le sol, on creuse et on gratte délicatement la terre en suivant les racines d'un bout à l'autre, à partir du collet (704, 706, 716 à 718). Arracher un plant hors du sol n'est pas une bonne méthode d'observation puisqu'on brise un bon nombre de racines et de radicelles, dont en particulier les plus profondes.

Il n'est pas vraiment facile d'aller observer les racines dans les couches profondes du sol ou du sous-sol. Mais en ouvrant l'œil autour de soi, on peut faire des découvertes intéressantes, comme par exemple celle de l'enracinement d'un karité presqu'entièrement mis à nu par l'érosion dans une ravine (707). Les tranchées routières offrent souvent l'occasion d'observer les racines.

Caractéristiques générales des racines

La forme naturelle des racines est une caractéristique génétique des espèces, autant que le port des tiges, des rameaux et des feuilles qui se développent dans l'espace aérien. La photo 708 montre la **MORPHOLOGIE** racinaire de sept jeunes plants d'espèces différentes. Les pieds ont été précautionneusement déterrés et lavés.

705 Quelques formes d'enracinement





Enracinements d'un bananier et d'un karité.



La morphologie des racines est caractéristique de chaque espèce

L'observation de l'enracinement des plantes adultes fournit des enseignements utiles concernant les pratiques agricoles et les dispositifs de culture. On relève plus particulièrement:

- la **forme générale** des racines et la façon dont elles occupent naturellement l'espace souterrain,
- la plus ou moins grande **abondance de radicelles** et de poils absorbants,
- leur tendance à **se développer superficiellement** ou **en profondeur**,
- la **façon dont le sol est aggloméré** autour des racines et des radicelles,
- les **comportements** des racines par rapport à la présence d'eau, de matière organique (humus) ou de sels minéraux. Elles peuvent être attirées par ces éléments ou s'en éloigner,
- leur **spécialisation**. Certaines s'allongent à la recherche de l'eau, d'autres se chargent de réserves ou fabriquent des nodosités symbiotiques,
- la façon dont les racines sont fixées sur la plante et les endroits où les **bourgeons racinaires** sont capables de se développer: en dessous du collet, au-dessus, ou sur les branches,
- leurs **capacités à se renouveler** lorsqu'elles sont coupées ou attaquées par un parasite.

Les types de racines

Racines primaires, racines secondaires

Observons la germination et le développement d'une plantule de haricot (**709**). Après que la graine se soit imbibée d'eau, la première racine apparaît. C'est la **RACINE PRIMAIRE**, couverte de ses poils absorbants.

Quelques jours plus tard, apparaissent les **RACINES SECONDAIRES** qui vont se développer autour de la racine primaire, en largeur ou en profondeur. Plus tard encore, la plante a grandi: la racine primaire s'est enfoncée dans le sol, les racines secondaires se sont allongées et des nodosités sont apparues. Ce développement plus ou moins volumineux dépend de la structure du sol. Les racines ont généralement plus de facilités à s'allonger dans les sols légers et bien structurés que dans les sols compacts.

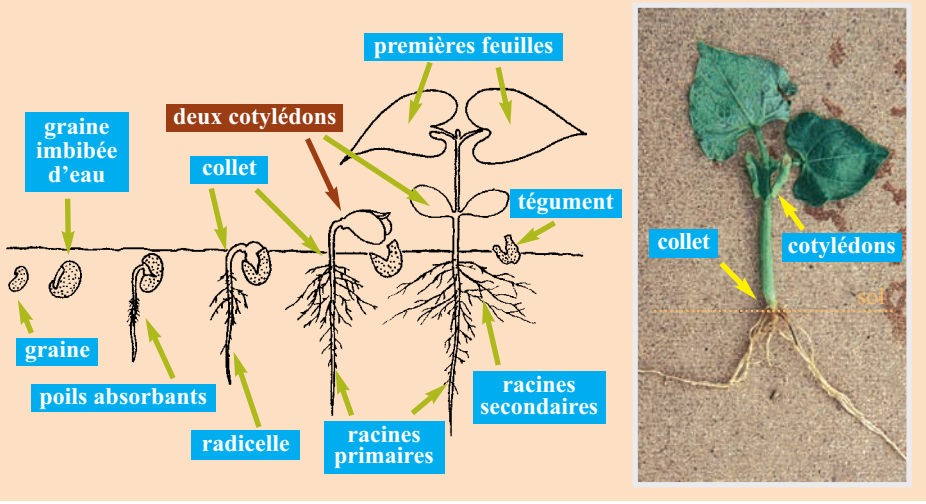
Les racines du haricot se développent principalement en dessous du collet. Elles sont **primaires** ou **secondaires**. Nous voyons aussi dans la figure que les **cotylédons sont sortis du sol** et se sont développés en plein air. C'est la caractéristique des germinations dites **ÉPIGÉES** (au-dessus de la surface du sol).

Les plantes à germination épigée doivent développer **beaucoup d'énergie pour extraire leurs cotylédons du sol**, par exemple si la couche superficielle est compacte ou s'il existe une pellicule de battance sèche et dure. L'ameublissement du lit de germination est toujours important pour faciliter la sortie des cotylédons.

La germination et l'établissement du maïs sont différents (713). Les cotylédons du maïs restent en terre. On dit que la germination est **HYPOGÉE**. De nouvelles racines naissent très tôt sur la petite tige de maïs, au-dessus de l'endroit où est attaché le grain. Ce sont les **racines adventives**. Elles vont se développer en faisceau.

Après la germination et la levée, la racine primaire meurt. La plante n'est plus alimentée que par ses racines secondaires et adventives. Le collet n'est plus reconnaissable extérieurement.

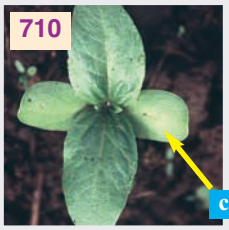
709 ***Germination épigée et développement racinaire chez le haricot***

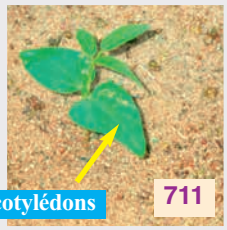


Radicelles et poils radiculaires

Les racines sont subdivisées en **RADICELLES** très fines, qui peuvent elles-mêmes se subdiviser encore (714). Si nous regardons de près, au bout des radicelles, nous voyons de nombreux poils très fins. Une loupe est utile pour les observer. Ce sont les **POILS RADICULAIRES** ou **RACINAIRES**. Ils captent dans le sol l'eau et la nourriture de la plante. On les appelle aussi **POILS ABSORBANTS**. L'absorption de l'eau et des sels se fait **à travers la paroi** des poils.

Au bout des radicelles, il y a une fine tête appelée **COIFFE RADICULAIRE** (714). C'est elle qui **exerce la force de la radicelle** lorsqu'elle pénètre le sol. Si on coupe cette tête, la radicelle cesse de croître.





Germination épigée



Germination hypogée

La germination des graines et l'établissement des jeunes pieds demande **beaucoup d'énergie**:

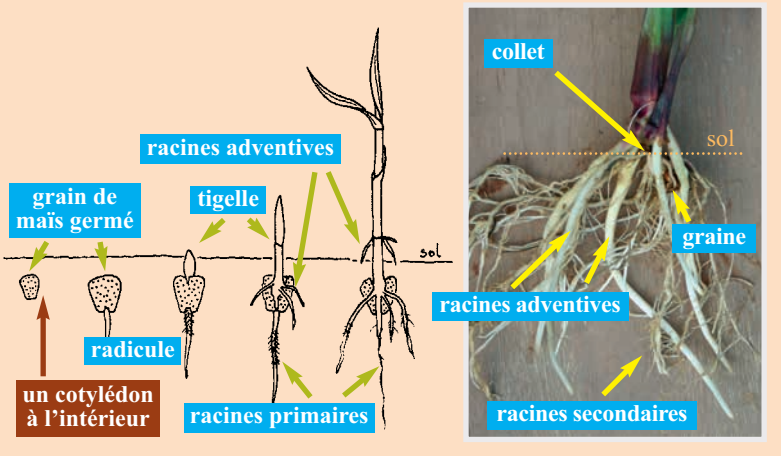
- ➥ pour la **pénétration** des radicelles dans le sol,
- ➥ pour l'**extraction des cotylédons** hors du sol, en cas de germination épigée.

Cette énergie est développée **au départ avec les seules ressources de la graine**. Pour s'assurer d'une bonne germination dans les champs, on va donc chercher:

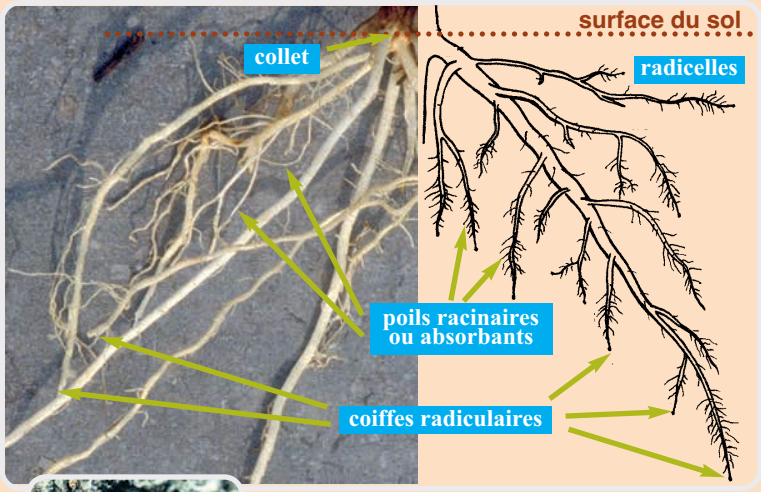
- ❑ à ce que les graines semées soient **mûres** et **intactes** et qu'elles contiennent **assez de réserves**,
- ❑ à ce qu'elles disposent d'un **excellent pouvoir germinatif**,
- ❑ à ce que **le sol soit bien préparé et ameubli** pour faciliter la croissance des toute jeunes racines.

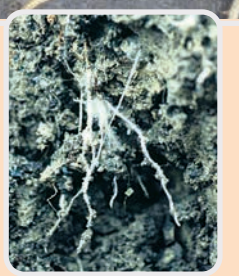
Ces principes sont d'application autant dans les grands champs que dans les germoirs en pépinières.

713 ***Germination hypogée du maïs***



714 Les parties d'une racine





A travers leur paroi, les poils racinaires absorbent l'eau et les sels nutritifs en grande quantité, pour les conduire à travers les radicelles et les racines vers les tiges et les feuilles.

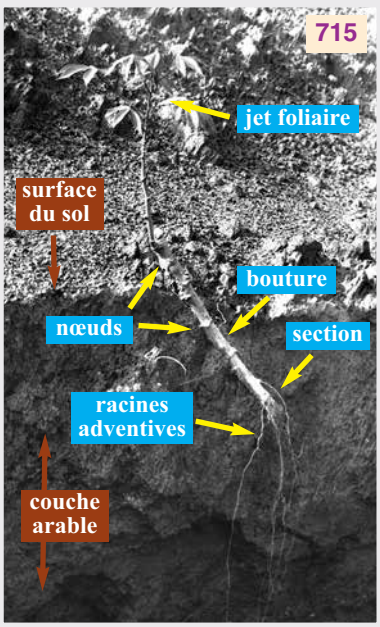
Ces poils sont très sensibles à la sécheresse du sol.

Racines adventives

Les racines qui naissent sur des tiges ou des morceaux de tiges plutôt que sous le collet d'une plante sont dites **RACINES ADVENTIVES**. Les **plantes bouturées** s'établissent toutes au moyen de racines adventives qui apparaissent:

- **à la place de bourgeons aériens sur des plants normalement enracinés**, comme nous l'avons vu pour le maïs à la figure **713**,
- **à la place de bourgeons aériens** localisés **sur des boutures de tiges** détachés du pied mère,
- **à des endroits quelconques** sur de telles boutures ou sur des marcottes,
- au **bord de la section d'une bouture**, à l'endroit du cambium,
- parfois sur le **tronc** de certains arbres ou lianes.

La photo **715** montre une bouture de manioc et ses racines adventives.



Racines adventives sur une bouture de manioc

Lorsque les racines adventives se développent sur des plants déjà enracinés sous le collet, elles viennent en renfort des racines primaires et secondaires.

Parfois, elles servent à la démultiplication de l'espèce et à son extension dans le terrain, par exemple dans le cas du marcottage, lorsqu'elles apparaissent sur des rameaux traînant sur le sol.

Par des pratiques agricoles adaptées, telles que le buttage, on peut favoriser dans les champs le développement des racines adventives et consolider la base des plantes cultivées. On peut aussi tremper l'extrémité des boutures dans un peu d'eau, durant quelques jours ou semaines, pour provoquer l'apparition de racines adventives et repiquer ensuite. Il existe aussi des produits hormonaux qui favorisent l'apparition de bourgeons adventifs sur les boutures.

Enracinement profond ou superficiel

L'enracinement peut être **PROFOND** ou **SUPERFICIEL** selon qu'il s'enfonce dans les couches profondes du sol ou qu'il s'allonge dans les couches proches de la surface.

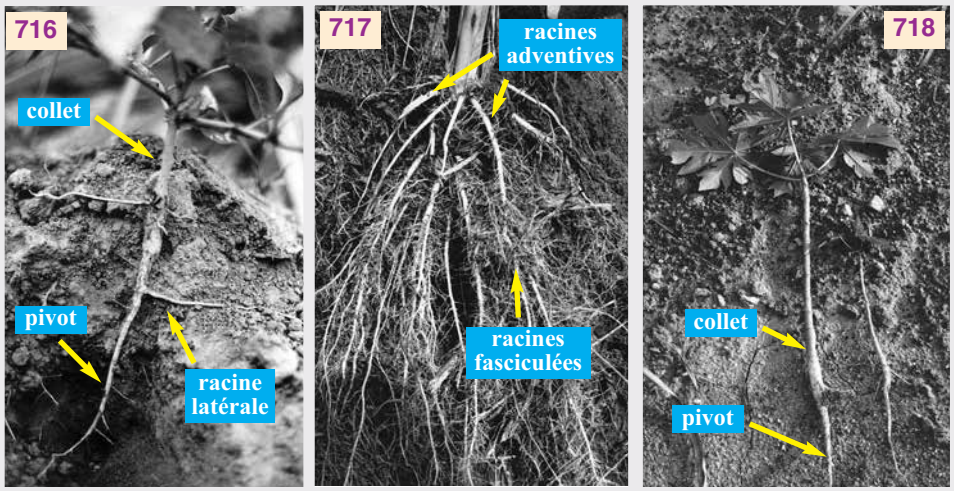
- ➤ Une plante à enracinement superficiel souffre plus de la sécheresse des couches supérieures du sol qu'une plante à enracinement profond. Des racines superficielles qui sont en manque d'eau ou d'aliments vont **s'allonger à proximité de la surface** du sol, en vue d'y exploiter le peu qu'elles trouvent dans la couche superficielle;
- ➤ des racines profondes peuvent **descendre** à plusieurs mètres si elles sentent la présence d'eau en profondeur.

Si le sol est bien arrosé et fertile, les racines n'ont pas trop tendance à s'allonger en largeur ou en profondeur puisqu'elles trouvent à se nourrir à proximité du collet. Par contre, si le sol est pauvre et sec, les racines vont s'étirer en quête d'eau ou d'aliments.

Enracinement pivotant ou fasciculé

Poursuivons l'observation du haricot et du maïs à l'âge adulte. Le premier a un enracinement **PIVOTANT** (716). Le **pivot** fixe la plante profondément dans la terre. Les racines **secondaires** partent du pivot pour s'étendre vers les côtés.

On parle d'enracinement **FASCICULÉ** lorsqu'il n'y a pas de pivot et que les racines s'enfoncent dans le sol à la manière d'un balai (717).

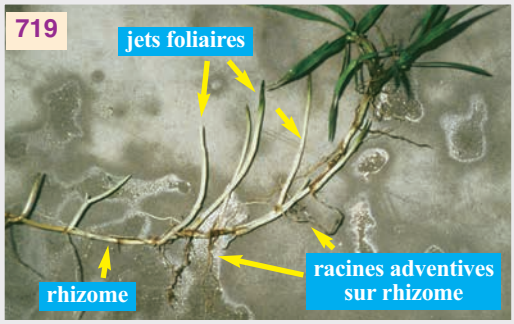


Racines pivotante et latérales du haricot, à gauche. Racines fasciculées du maïs, au centre. Racine pivotante d'un jeune papayer, à droite. L'occupation des espaces dans le sol et les modes d'exploitation sont très différents.

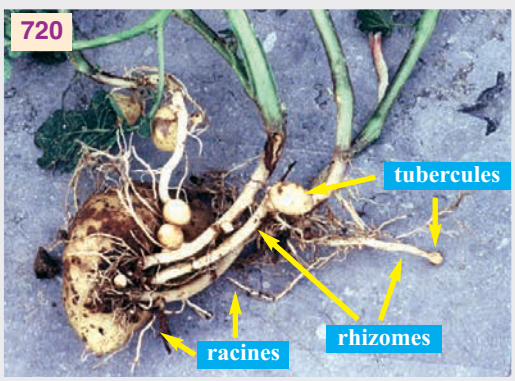
Rhizomes

Certaines espèces développent des **tiges souterraines**. On les appelle **RHIZOMES**. Il ne faut pas les confondre avec des racines. La photo 719 montre un rhizome du chiendent *Imperata cylindrica*. On voit qu'il porte d'une part des jets foliaires, d'autre part des racines adventives. La photo 727 montre le rhizome d'une maniguette (*Aframomum sp.*), ainsi que les racines adventives qui se sont développées sur le rhizome. Les rhizomes sont capables d'élargir l'assiette racinaire, parfois sur de larges surfaces.

En culture, les espèces qui développent des rhizomes sont difficiles à combattre, car le moindre fragment découpé lors des labours ou des sarclages est capable de reproduire des nouvelles plantes.



Le rhizome du chiendent se prolonge dans le sol. Il produit aussi bien des pousses aériennes que des racines adventives.



La pomme de terre développe des rhizomes tubéreux.

Racines spécialisées

Le rôle principal des racines est d'abreuver et de nourrir les plantes. Mais elles remplissent aussi d'autres fonctions.

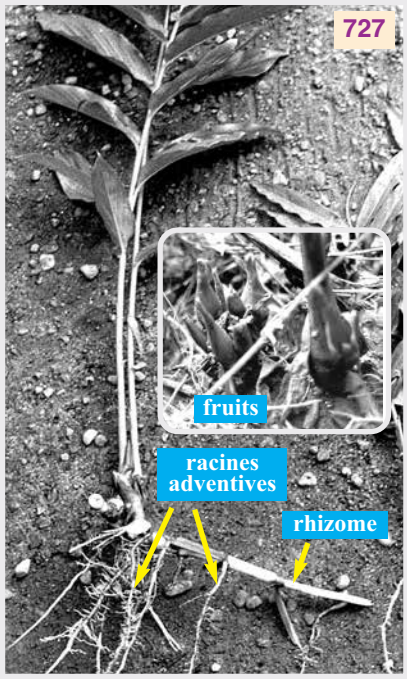
- Les racines **TUBÉREUSES,** ou tubercules, accumulent des réserves alimentaires qui permettent à la plante de passer la saison sèche ou froide au cours de laquelle le développement de la partie aérienne est interrompu. La pomme de terre (720), le radis (721), la carotte (722), le manioc, le souchet, le taro, etc., ont des racines tubéreuses.
- Les racines **HYDROPHORES** sont spécialisées dans la recherche d'eau dans les couches profondes du sol. On trouve de telles racines par exemple chez les doliques et chez de nombreuses espèces d'arbres vivant dans les zones sèches.
- Les racines **RESPIRATOIRES** sont développées par certaines plantes. Elles apparaissent lorsque le sol est saturé en eau durant de longues périodes. La photo 726 montre les racines respiratoires du palétuvier établi dans une mangrove inondée.
- Les racines **SYMBIOTIQUES** des légumineuses sont capables d'abriter des bactéries fixatrices de l'azote de l'air dans leurs nodosités (723). Nous en parlons au chapitre 22
- Des racines **AÉRIENNES** poussent sur certains arbres afin d'en soutenir les branches (728).



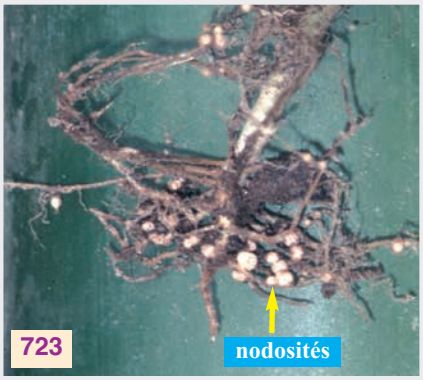


Pivot tubéreux du radis et de la carotte

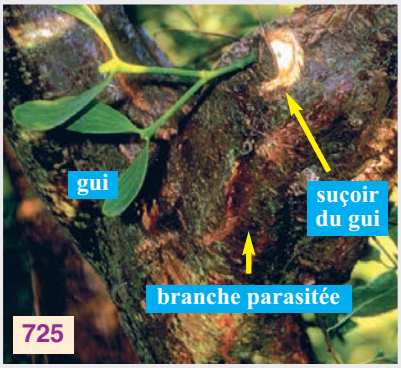




Rhizome et racines adventives de la maniguette odorante



Racines symbiotiques de haricot

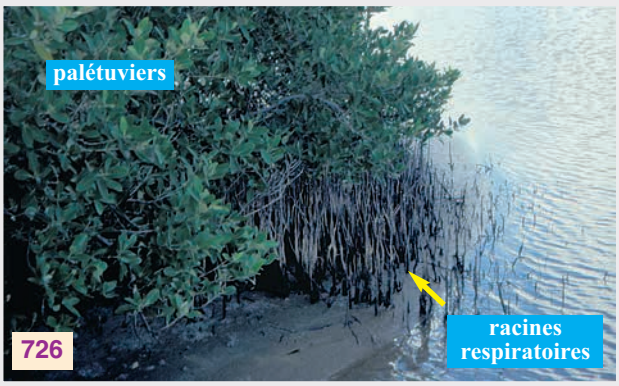


Racines suçoirs du striga (en haut) et du gui (en bas)



Les racines aériennes adventives de ce ficus épiphyte vont s'allonger jusqu'au sol, afin de soutenir et nourrir la plante.

Les palétuviers vivent dans des terres inondées, salines, et acides. Les arbres développent des racines qui viennent respirer hors de l'eau, lors des inondations



- Les racines **CRAMPONS** sont capables d'accrocher la plante à un mur ou à un tronc d'arbre.
- Les racines **SUÇOIRS**, ou **VENTOUSES**, se développent chez les espèces qui parasitent d'autres espèces. Le striga, par exemple, établit des racines qui sucent la sève du mil sur les racines de celui-ci (**724**). Le gui enfonce ses suçoirs au cœur même des branches des arbres qu'il parasite (**725**).

Les collets

Les collets sont des zones importantes chez la plupart des plantes. Ils sont le passage obligé des sèves montantes et descendantes, entre le système racinaire et les organes aériens. Lorsque les graines germent naturellement, les collets **se placent au niveau de la surface du sol**. Si, pour une raison ou l'autre (labour, piétinement, etc.), ils sont trop hauts ou trop bas par rapport à la surface du sol, la plante peut souffrir. C'est pourquoi, en culture, il y a lieu d'**adapter la profondeur des semis** de chaque espèce en fonction de la grosseur des graines et de veiller à **repiquer** les jeunes arbres **en respectant la position de leur collet** par rapport à la surface du sol (**731**).

La plupart des collets sont de simples lieux de passage des sèves entre les racines et les tiges (par exemple chez le haricot, la tomate, l'oranger, le papayer, etc). D'autres sont des organes végétaux très actifs à partir desquels les plantes peuvent être reproduites: l'igname, le souchet *(Cyperus esculentus)*, le coléus *(Coleus sp.)* en sont des exemples. Chez ces espèces, les collets servent à la multiplication des plants. Ils portent en eux toutes les potentialités nécessaires. Ils bourgeonnent pour donner aussi bien des racines que des nouvelles lianes.

Évolution de l'enracinement dans le temps

Les formes d'enracinement sont très diverses. Retournons à la figure **705**. Mais ces enracinements évoluent dans le temps. Pour tirer un maximum d'enseignements, poursuivons nos observations sur les assiettes racinaires tout au long de la vie des plantes, afin d'en connaître l'extension et les périodes de croissance et de repos.



La racine pivotante de ce jeune papayer a été gênée dans sa croissance par une pierre. Elle s'est déformée. Le travail du sol ou la trouaison, avant la plantation, permet d'éviter ce genre de déformation peu favorable au bon établissement de l'arbre.

L'enracinement des plantes s'adapte aux caractéristiques du sol

Le bon déploiement des racines est une condition pour que les plantes se développent et produisent correctement. Mais les caractéristiques du sol peuvent influencer leur déploiement ou modifier la forme de l'enracinement.

La figure **730** représente les systèmes racinaires de quelques pieds de haricot dans des situations diverses.

Si le sol est bien structuré, l'enracinement pivotant et latéral des pieds se développe largement. Les nodosités sont nombreuses . Le plant profite bien. Si le sol est sableux, meuble et pauvre, les racines y trouvent peu de nourriture. La croissance des feuilles est lente, les racines reçoivent peu de sève élaborée. L'assiette racinaire reste réduite malgré la facilité qu'elle aurait à s'enfoncer dans le sol si celui-ci, mieux structuré, contenait plus d'éléments nutritifs (**b**).

Si le sol est argileux et lourd, les radicelles doivent dépenser beaucoup d'énergie pour croître. Elles auront tendance à s'épaissir plutôt qu'à s'allonger (**c**). Les nodosités sont peu nombreuses ou absentes puisque le sol contient peu d'air respirable par les bactéries symbiotiques.

Parfois, la nappe phréatique se situe profondément dans le sous-sol. Si celui-ci n'est pas trop dur, la plante peut y étirer des racines pour aller à la recherche de l'eau (**d**).

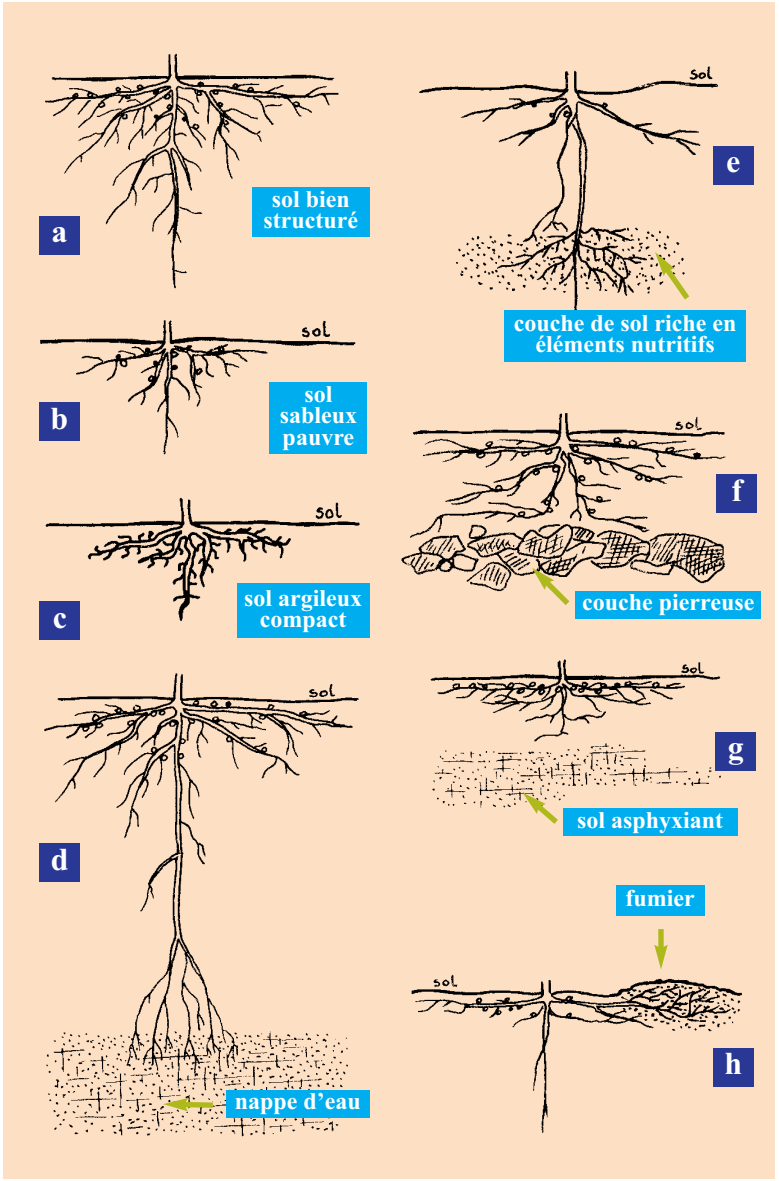
Si une couche de sol est plus riche que d'autres, la plante va développer plus de racines dans cette couche (**e**).

Il se peut qu'une couche de pierres empêche une racine pivotante de s'enfoncer normalement en profondeur (**f**). Elle va se déformer et s'étendre latéralement. Cela se passe dans les sols de montagne peu profonds, là où la couche de sol posée sur le rocher est mince. La photo **729** montre le pivot d'un jeune papayer déformé par la présence d'une grosse pierre qui gêne son développement.

Parfois, les racines rencontrent une nappe d'eau à quelques centimètres sous la surface du sol (**g**). Elles vont limiter leur croissance en profondeur, sous peine d'être asphyxiées. Elles ne peuvent alors que s'étendre en largeur.

Les racines sont aussi capables d'aller à la recherche de nourriture localisée à une certaine distance du pied, en parcourant la couche superficielle du sol, si du moins celle-ci contient un peu d'humidité. Le nombre de radicelles et de poils absorbants qu'on trouve aux endroits enrichis par de la matière organique ou des cendres est alors plus important que là où il n'y a pas de tels dépôts (**h**).

730 *Enracinement du haricot dans différents types de sol et de sous-sol*



De ces observations ressortent les raisons et l'utilité de pratiques agricoles courantes:

- le **labour** ameublit la couche du sol dans laquelle vont se développer les racines. Un labour profond crée plus d'espace meuble pour les racines qu'un labour superficiel;
- le **buttage** consiste à augmenter le volume de terre meuble dans lequel les racines peuvent se développer sans dépenser trop d'énergie;
- la **trouaison** consiste à creuser un trou assez large et profond pour y placer un jeune arbre, afin que ses racines puissent croître sans avoir à développer trop d'énergie;
- le **drainage** entraîne une modification du sol: l'air peut y pénétrer plus facilement, ce qui permet aux racines de respirer;
- l'**épandage d'engrais** va se faire en tenant compte de la forme et de la largeur des assiettes racinaires, ainsi que de la position des poils radiculaires;
- l'**association d'autres végétaux** favorise l'aération, le drainage et la disponibilité d'aliments dans le sol; mais il faut **être attentif au choix des espèces associées**, afin qu'elles ne se fassent pas trop concurrence pour l'eau et les aliments.

La connaissance des racines est indispensable pour la mise au point de ces techniques de culture. Cette connaissance doit se rapporter:

- ❒ aux **caractéristiques morphologiques** des racines,
- ❒ à l'**évolution saisonnière** des enracinements pour ce qui est des espèces non vivaces,
- ❒ à **l'évolution pluriannuelle** des enracinements pour ce qui est des plantes pérennes.

Connaître les racines est aussi important que de connaître les organes aériens des plantes.

Exploiter le volume de la couche arable

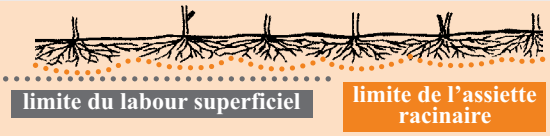
Spontanément, les espèces occupent le sol jusqu'à une certaine profondeur allant de quelques millimètres à quelques dizaines de centimètres, parfois plusieurs mètres. Plus le volume de sol exploité est grand, plus abondantes sont les ressources en eau et en minéraux potentiellement exploitables, pour autant que le sol soit humide et contienne des éléments nutritifs.

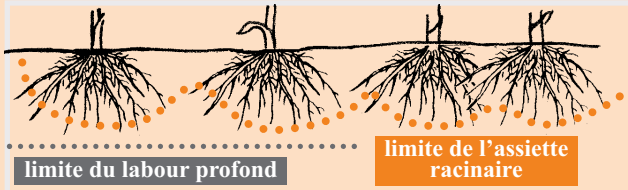
Dans les champs cultivés, il y a **plusieurs façons d'intensifier l'exploitation du sol arable** (731 et 732):

- **serrer les pieds** de façon à ce qu'ils se côtoient aussi près que possible sans se gêner mutuellement, ni sous terre, ni dans l'espace aérien (731),

731 Labour superficiel ou profond

❑ Lorsque le labour est superficiel, les racines doivent développer plus d'énergie pour croître que lorsque le labour est profond et que la structure du sol a été ameublie.





❑ L'exportation d'éléments minéraux hors de la couche arable est plus importante dans les parcelles labourées profondément que dans celles qui le sont moins.

❑ Un labour profond favorise la pénétration des racines dans le sol. Celles-ci se nourrissent donc facilement dans un grand volume de terre.

❑ Lorsque le labour est profond et que le sol est bien aéré, il a tendance à se dessécher plus vite que lorsqu'il est labouré moins profondément.

❑ Le labour profond a plutôt tendance à favoriser le lessivage du sol.

➟ **ameublir le sol** de telle façon que les racines puissent s'allonger facilement en profondeur ou en largeur,

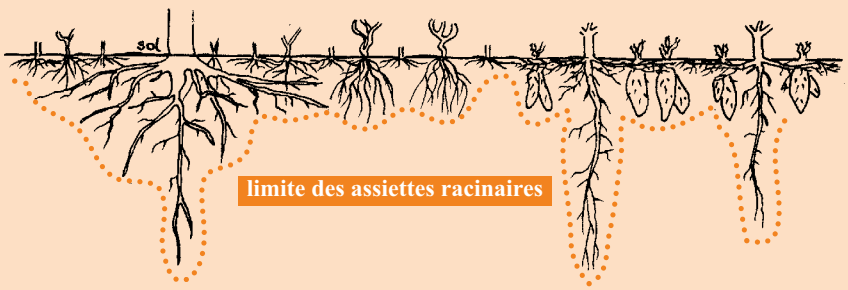
➟ **modifier l'épaisseur de sol** exploité par les racines, par diverses techniques de labour, de buttage et de billonnage, de trouaison ou de sous-solage,

➟ **associer des plantes** dont les enracinements sont très différents, les uns superficiels et les autres profonds (**732**),

➟ et aussi, évidemment, **arroser** et **fertiliser** le sol.

Il se peut que l'enchevêtrement des systèmes racinaires de deux espèces dans le même espace soit favorable à chacune de ces espèces, l'une et l'autre s'adaptant à l'exploitation commune de l'espace souterrain. Nous avons déjà rencontré des exemples de ce type de synergie.

732 Exploitation multiétagée du sol



Lorsque les espèces sont judicieusement associées, le volume de sol exploité par les racines est important et se développe à plusieurs niveaux. L'exploitation de l'eau et des éléments nutritifs est plus variée que lorsque la parcelle n'est occupée que par une seule espèce.

Système racinaire et repiquage

Le **REPIQUAGE** des plantes consiste à replacer en terre des jeunes pieds semés ou bouturés en pépinière.

Des attentions particulières doivent exister pour que les racines ne souffrent pas de leur transplantation. En premier lieu, disons que quand on repique un plant, ses racines doivent être bien dirigées vers le bas. Les racines repliées vers le haut vont mourir. Pour **éviter que les racines ne soient mal orientées**, on procède comme suit:

➟ **approfondir le trou de plantation** afin que les racines du plant repiqué ne buttent pas trop vite sur un fond de sol dur;

➟ **raccourcir le chevelu racinaire** avec un couteau tranchant ou une paire de ciseaux. Dans certains cas cependant, on ne peut trop raccourcir le pivot;

➟ **placer le plant profondément dans le trou**. Refouler la terre dans le trou et la tasser un peu;

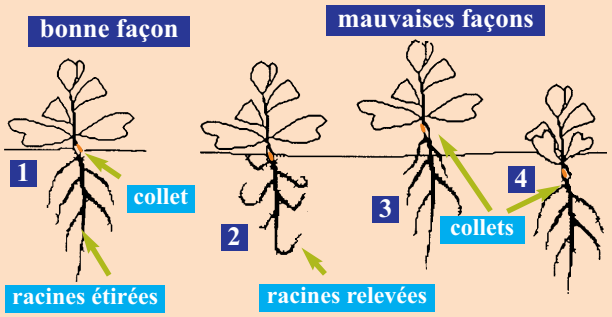
➟ **remonter un peu le plant** pour placer le collet exactement au niveau de la surface du sol et pour s'assurer que les racines soient bien dirigées vers le bas (**733**);

➟ **tasser** complètement avec le talon.

Attention! Lorsque les jeunes plants ont un enracinement pivotant, on évite de sectionner le pivot à proximité du collet, contrairement au cas

733 Collets et repiquage des plants

1 le collet se trouve juste au niveau de la surface du sol, après que celui-ci ait été tassé; les racines sont orientées vers le bas



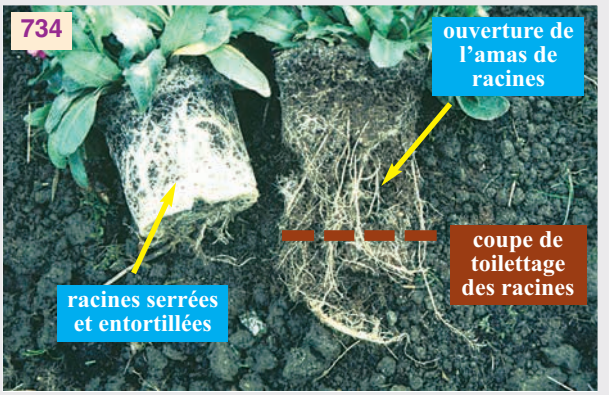
2 les racines sont repliées vers le haut

3 le collet est placé trop haut après tassement du sol

4 le collet est situé sous terre

d'enracinement fasciculé dont les racines peuvent être raccourcies plus franchement.

Lorsque les semis en pépinière se font dans des sachets en plastique ou des pots, les racines ne peuvent se développer dans leur volume normal. Elles se mettent à tourner le long de la paroi imperméable (**734**, à gauche). Pour le repiquage de tels plants, il est nécessaire d'ouvrir les racines (à droite), de les raccourcir, et de les repiquer comme indiqué ci-dessus.



Ouvrir l'amas de racines enchevêtrées dans le pot de germination avant de repiquer un plant

Le **TOILETTAGE** des pieds à repiquer consiste à raccourcir les racines et à diminuer le feuillage en vue de favoriser la reprise. Il permet:

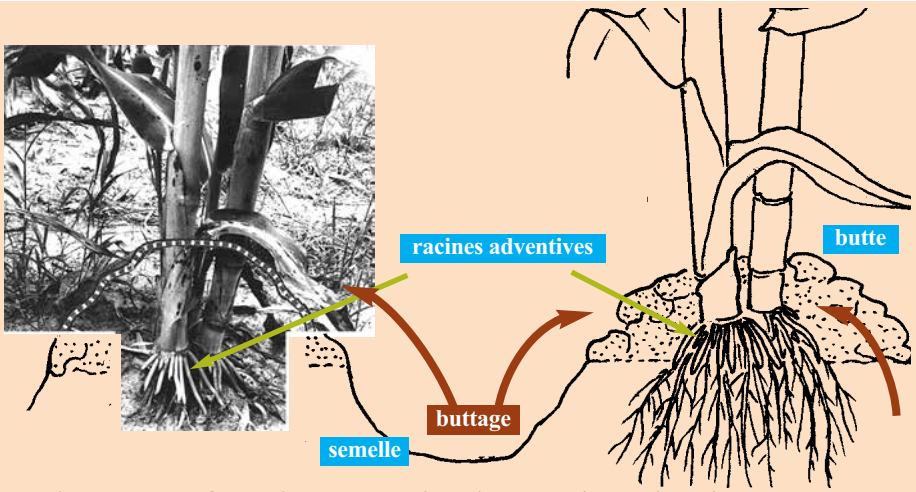
- ❑ de **stimuler le développement de nouvelles radicelles**,
- ❑ de **disposer correctement** les racines dans le trou de plantation (voir ci-dessus),
- ❑ de réduire la surface des feuilles afin de **limiter la soif des plants** alors même que les racines ne se sont pas encore remises à fonctionner pleinement.

Racines adventives et buttage

Nous avons largement parlé des buttes confectionnées lors des labours. Mais le buttage se pratique aussi en cours de campagne agricole, dans deux buts principaux:

- ➥ la lutte contre les plantes indésirables. Elles sont déracinées et renversées sous la butte de telle sorte que leur feuillage soit enfoui et leurs racines exposées au soleil,
- ➥ la terre, remontée à une certaine hauteur sur les tiges de certaines plantes, favorise l'apparition de racines adventives qui viennent renforcer les plants. Cette pratique est illustrée dans le tableau **735**.

735 Racines adventives et buttage



Le buttage transforme la structure du sol. Les racines adventives y trouvent un milieu favorable. La plante est mieux soutenue à sa base.

736 Quelques pratiques agricoles liées aux caractéristiques de l'enracinement

Caractéristiques des racines	Quelques pratiques liées aux caractéristiques des racines
La morphologie des racines	
♣ racine pivotante, latérale, fasciculée, tubéreuse aérienne, rhizomateuse, … ♣ enracinement superficiel, profond, … ♣ position du collet ♣ morphologie marquée par les caractéristiques du sol (saturation en eau, rocaille, roche, …) ♣ racines adventives naissant sur la tige ou sur les rhizomes souterrains ♣ caractère fonctionnel des racines (suçoirs, crampons, respiratoires, …)	➤ choix de la profondeur des labours ➤ forme et volume des buttes ou des billons ➤ mise à écartement et détermination de la densité de semis ou de plantation ➤ appliquer les fumures là où les plantes apprécient de se nourrir: à proximité de la surface du sol, en profondeur, proches du pied ou à distance ➤ semis en surface ou en profondeur ➤ localisation de la fumure autour des pieds ➤ pratiques de repiquage
Reproduction spontanée des racines	
♣ bouturables ou non ♣ rejets sur racines ♣ marcottage naturel ♣ extension des racines à partir de rhizomes	➤ modes de sarclage: par lames ou par dents (afin d'éviter la repousse rapide des boutures) ➤ méthodes de reproduction en champs ou en jardins
L'origine des racines	
♣ là où se forment les bourgeons racinaires ♣ nées d'une graine, d'une tige, d'un collet, d'un rhizome ♣ racines adventives sur tige née d'un semis ou sur une bouture	➤ position du collet lors du repiquage des plants ➤ profondeur du semis des graines ➤ modes de semis: graines, boutures de racines ou de tiges, rejets de souche, etc.
Le travail qu'elles effectuent dans le sol	
♣ racines profondes ramenant l'eau et les minéraux en surface du sol ♣ racines tubéreuses faisant éclater le sol ♣ racines fasciculées favorisant la structure grumeleuse du sol ♣ racines s'infiltrant dans les fentes des roches mères	➤ utilisation de plantes à enracinement profond et large, en vue de travailler le sol ➤ cohabitation ou séparation des assiettes racinaires dans l'espace souterrain ➤ cohabitation ou séparation des assiettes racinaires dans le temps ➤ choix de sous-soler

suite →

736 *(suite)*

Concurrences, complémentarités ou synergies

- ♣ développement racinaire perturbé en présence d'une ou plusieurs autres espèces
- ♣ faible concurrence entre enracinements
- ♣ bénéfice mutuel des espèces en présence
- ♣ synergies liées à la présence de nodosités ou de rhizosphères
- ♣ bénéfices phytosanitaires
- ♣ diversité des productions

➤ association d'enracinements différents en vue d'ouvrir le passage à l'eau et à l'air

➤ renforcement des symbioses racinaires (par exemple par inoculation bactérienne)

➤ cohabitation ou séparation des assiettes racinaires dans le temps

➤ association de plantes dans un but phytosanitaire

➤ inoculation des racines par des bactéries fixatrices d'azote (rhizobium)

Orientation et préférences

- ♣ vers les zones humides ou sèches de leur environnement
- ♣ vers la nappe d'eau profonde
- ♣ vers d'autres espèces de plantes
- ♣ vers des sols pauvres, sableux, argileux, riches en matières organiques et humus

➤ choix des tailles racinaires

➤ combiner les enracinements des cultures associées pour qu'ils exploitent des espaces souterrains différents

Les besoins alimentaires et en eau

- ♣ préférence pour les couches sèches du sol
- ♣ préférence pour les couches de sol gorgées d'eau

➤ localisation à côté des canaux d'irrigation

➤ type de drainage

➤ type d'irrigation

➤ cohabitation ou séparation des assiettes racinaires dans le temps

➤ trous de semis (jusqu'à 20 ou 25 cm de profondeur en cultures de décrues)

➤ détermination des fumures organiques ou minérales

- ❒ L'analyse de l'enracinement des plantes cultivées est indispensable pour l'établissement des champs et le choix des pratiques agricoles. Elle doit être complétée par celle des occupations aériennes.
- ❒ Les pratiques agricoles listées dans la colonne de droite sont liées ou influencées par les caractéristiques reprises dans la colonne de gauche. Mais beaucoup sont liées entre elles.
- ❒ Les indications de ce tableau sont données à titre d'exemple. N'oublions pas qu'il existe beaucoup d'autres pratiques déterminées par les caractéristiques relevées dans la colonne de gauche.

De quelles façons se développent les racines de nos plantes cultivées, dans le temps et dans l'espace? Quels enseignements pouvons-nous tirer de leurs modes de développement pour déterminer ou adapter nos pratiques agricoles?



Chapitre 32
Les racines transforment le sol

Le travail du sol par les racines

Les racines fabriquent le sol

Tout ce qui vit dans le sol le transforme, qu'il s'agisse des racines, de la microflore, de la microfaune, des micro-organismes. Sans le travail des racines, le sol ne serait composé que de sa fraction minérale. Par contre les racines font "vivre" le sol. Elles se développent grâce à la photosynthèse réalisée dans les feuilles qui sont au cœur de la vie.

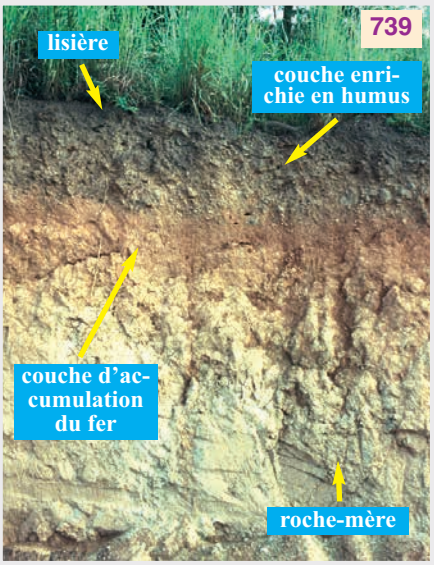


Les racines transforment les roches en pénétrant dans leurs interstices. Elles provoquent des réactions chimiques et créent des passages pour l'eau de pluie.

Voici une coupe dans un flanc montagneux, à l'endroit d'une ancienne carrière (**737**). On voit la différence entre le rocher blanc formant le sous-sol, et les matières noirâtres qui constituent un sol dans les interstices des roches. La formation de ces matières est le fruit d'un patient travail des racines. Elles ont **rongé** la pierre, elles l'ont **fendue**, elles se sont **insinuées** dans les fines fentes du rocher et, avec l'aide de l'eau et de la chaleur, elles l'ont **divisé** en morceaux de plus en plus fins. On voit le détail de ce travail à la photo **738**.



La photo **739**, saisie le long d'un chantier routier, montre une coupe profonde dans un sol et un sous-sol. A la base, on constate la présence d'une roche rose compacte. Elle est surmontée d'une couche rougeâtre. La couleur plus foncée de cette couche est due à la présence du fer qui s'est accumulé là au cours des siècles, à la suite du lessivage de la couche supérieure par l'eau de percolation. On constate la présence de pierres. Elles se sont divisées à partir du sous-sol, suite à l'activité des nombreuses racines qui y ont pénétré au cours des ans. La décomposition de la roche-mère est beaucoup plus avancée ici que dans les coupes précédentes. A proximité de la surface, le sol est plus noir. Cette couleur est due à l'abondance de déchets organiques, végétaux et animaux, qui ont été transformés en humus.



Les racines et la vie du sol ont transformé la roche-mère sur une profondeur d'environ 1 mètre.

Les racines **transforment le sol de trois façons différentes**:

- elles le **divisent** en mottes et en particules plus ou moins fines,
- elles **modifient sa composition**,
- elles **favorisent le passage de l'eau et de l'air**.

Les racines divisent le sol

Lorsque les enracinements se développent dans le sol, ils constituent des réseaux plus ou moins serrés de radicelles et de racines:

- certaines plantes ont des racines qui **brisent les couches endurcies du sol**. Leur pivot perce des couches caillouteuses ou argileuses et créent des passages pour l'eau (740);
- les plantes dont l'enracinement est fasciculé **granulent la terre**, elles la transforment en grains ou en grumeaux;
- d'autres **ameublissent le sol.** Par exemple, les espèces à racines tubéreuses repoussent la terre autour d'elles lorsqu'elles gonflent. Quand on arrache les tubercules, la terre est ameublie comme par un labour;
- il y a aussi les racines qui se développent en largeur à proximité de la surface du sol, et qui créent des **galeries** favorisant le passage de l'eau, de l'air et d'êtres vivant sous terre.

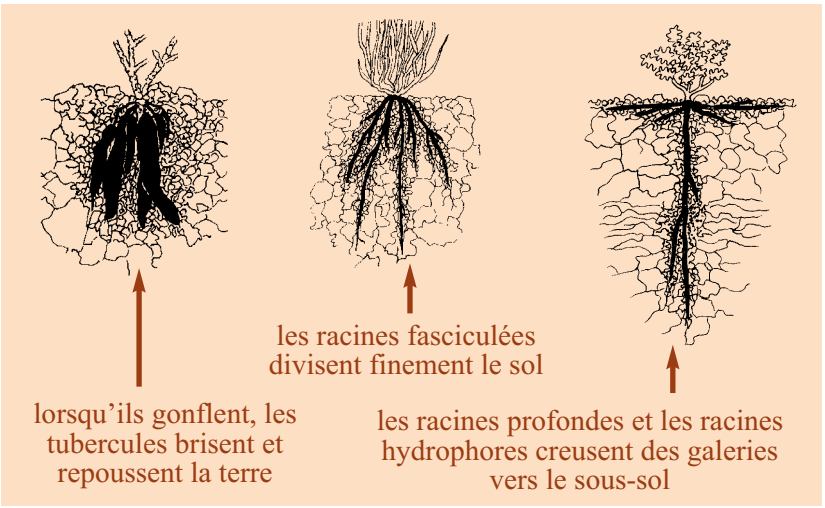
Plus les racines sont vigoureuses et abondantes, plus elles sont capables de diviser le sol et d'y favoriser la vie, l'infiltration de l'eau et la pénétration de l'air.

Les racines changent la composition et la structure du sol

La figure 741 parle d'abord d'un sol nu, composé uniquement de sable et d'argile. Quelques graines y sont semées. Elles vont germer et s'établir malgré la pauvreté de la terre. Lorsque les plantules se développent, leurs racines puisent des **sels minéraux** dans le sable et l'argile. Ces minéraux sont **inclus dans la matière vivante** produite au cours de la photosynthèse.

Lorsqu'elles meurent, les plantes de la première génération laissent sur et dans le sol des déchets organiques et de l'humus qui contiennent en eux les minéraux prélevés dans le sable et l'argile par leurs racines.

740 Les racines transforment le sol



Morts, ces déchets sont rongés par des termites et les êtres vivant du sol, dont la multitude des micro-organismes minéralisants. Tous modifient la structure et la composition du sol.

Au cours de la saison suivante, les nouvelles plantes qui poussent sur le sol rencontrent trois sortes d'aliments:

- les sels minéraux **contenus dans le sable et l'argile**, comme pour la première génération,
- les sels minéraux **contenus dans l'humus** nouvellement formé à partir de la première génération de plantes,
- des **substances organiques** encore peu décomposées.

On peut dire qu'au départ de sable et d'argile apparemment stériles, les plantes ont diversifié les matières présentes dans le sol. Elles en ont modifié la composition et la structure.

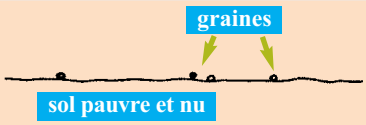
Ce phénomène de transformation se manifeste même sur des roches apparemment nues. Mais alors, ce sont plutôt des mousses et des lichens qui commencent le travail en rongeant la surface de la roche.

La présence des premiers déchets racinaires et foliaires permet le développement de toute la chaîne des êtres vivants décrits dans le chapitre 16. Si rien ne vient détruire cette vie, une certaine biodiversité s'installe sur la parcelle, au bénéfice de la fertilité organique.

Par rapport au processus de transformation que nous venons de décrire, notons les points suivants:

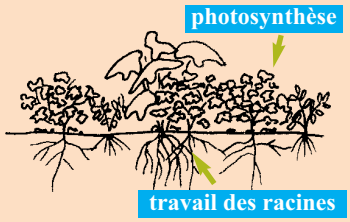
- si les **mêmes plantes** reviennent chaque année sur la parcelle, les ressources minérales seront toujours exploitées de la même façon;

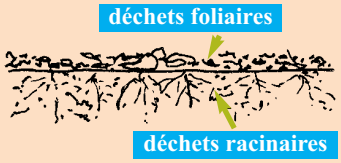
741 Naissance de la fertilité organique



Sol nu: pas de photosynthèse

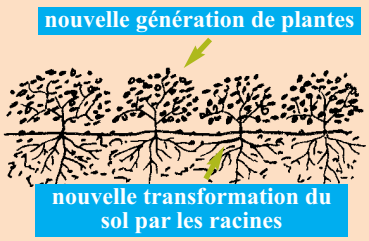
Développement des plantes. Assimilation des sels minéraux du sol et inclusion dans les organes aériens et souterrains





Après la mort des plantes, pourriture des feuilles et des racines. Formation d'humus

Après un nouveau semis, les plantes exploitent des sels minéraux contenus dans le sable et l'argile et d'autres éléments se trouvant dans l'humus laissé par la végétation antérieure



Le processus de refertilisation du sol décrit ci-dessus sera accéléré si les plantes semées ont des qualités fertilitaires élevées (légumineuses fixatrices d'azote, engrais verts).

La circulation de l'eau et de l'air autour des racines

En perçant le sol, les racines y creusent de nombreuses galeries le long desquelles l'eau peut s'écouler. Si nous pouvions visualiser ce qui se passe dans le sol après une pluie, nous pourrions observer le **FRONT D'INFILTRATION**. Il marque la progression de l'eau à partir de la surface du sol, lors des pluies ou des arrosages.

Sur la figure **742**, on a représenté par des lignes en pointillé ou interrompues l'avancée en profondeur de l'eau d'une pluie. Si nous pouvions trancher le sol, nous constaterions la position du front d'infiltration au bout de une, deux, trois heures ou plus. L'infiltration de l'eau dépend de la largeur des pores entre les grains de sol, de sa structure et de la présence de galeries formées par la faune du sol et les racines. Lorsque les racines meurent, elles pourrissent et laissent dans le sol des galeries qui facilitent encore la circulation de l'eau.

Plus les enracinements sont divisés, plus nombreuses sont les galeries qui permettent le passage de l'eau. Les figures qui précèdent sont schématiques. Les réalités sont plus complexes puisque l'infiltration de l'eau dépend aussi de la présence de roches, de couches imperméables, de nappes d'eau superficielles.

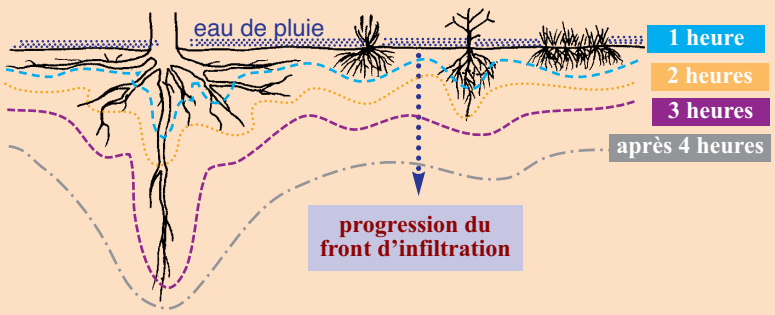
Vivantes ou mortes, les racines améliorent la circulation naturelle de l'eau dans le sol. Mais elles sont aussi

➤ si par contre la **biodiversité** s'installe dans la parcelle, chaque espèce exploite les ressources minérales et hydriques à sa façon et restitue au sol des déchets plus variés que les cultures pures non interrompues.

Si ce processus de transformation se poursuit d'année en année, sans entrave et sans remise à nu, on verra se reconstituer une végétation abondante et un sol bien structuré comparable à ce qu'on trouve dans les forêts, les savanes ou les plaines naturelles de la région.

La vitesse de recolonisation végétale d'une parcelle laissée à elle-même dépend de la quantité et de la diversité des semences naturelles qui sont présentes. Elles peuvent être amenées par l'eau de ruissellement, le vent ou les animaux. Elles peuvent aussi être semées par l'homme.

742 La présence de racines favorise l'infiltration de l'eau



Les lignes interrompues indiquent l'évolution de l'infiltration, d'heure en heure. L'eau s'infiltre plus loin là où les racines s'allongent en profondeur.

capables de le drainer: elles peuvent y pomper l'eau qui sera ensuite transpirée par les feuilles. Lorsqu'une terre est trop humide, on peut parfois diminuer cette humidité en y plantant des arbres dont les besoins en eau sont très élevés. Plusieurs espèces d'eucalyptus sont réputées grandes consommatrices d'eau.

Les cultures transforment le sol

Lorsqu'elles sont bien réalisées, les cultures sont à même de transformer positivement la structure du sol, sa fertilité, son aération; nous parlons plus loin des bonnes pratiques agricoles.

Mais la façon de cultiver peut aussi entraîner la destruction de sols et même leur stérilisation:

- ❒ lorsqu'une terre est soumise à une **même culture au cours de plusieurs saisons successives**, sans que rien ne soit fait pour reconstituer sa fertilité, les rendements ont tendance à baisser;
- ❒ quand la terre est mise à nu durant de longues périodes, la pluie et le soleil **transforment chimiquement le sol**. On voit apparaître des graviers latéritiques et des carapaces (chapitre 14);
- ❒ également, on **voit apparaître et proliférer des espèces adventices** peu intéressantes et parfois gênantes sur la parcelle cultivée.

  Voici par exemple la casse fétide (*Cassia tora*) qui se développe en fortes colonies sur les terres occupées année après année par le mil, en Afrique de l'Ouest (**743**). Elle manifeste l'appauvrissement du sol et de la végétation. Elle est peu appréciée par le bétail, comme premier choix, tant qu'il trouve d'autres fourrages. Comme elle n'est pas pâturée, elle devient envahissante et produit des masses de graines. Sa présence empêche d'autres espèces, meilleures fourragères, de se développer. La surexploitation des terres par la culture du mil, l'inappétence des animaux pour la casse, l'absence d'herbes fourragères intéressantes, le feu, bien souvent, et les effets du climat (splash et ruissellement) accentuent chaque année la baisse de fertilité.

D'immenses superficies de terres sont aussi stérilisées à cause des cultures intensives pratiquées sans reconstitution de la fertilité naturelle. Nous avons déjà rencontré les phénomènes de dégradation des terres nues, soumises au splash, à l'insolation, au ruissellement et au surpâturage.

Notes

Les jachères

La **JACHÈRE** est une terre laissée à elle-même après avoir été cultivée un certain temps. Dans les jachères, on dit que la terre "se repose".

Quand il cultive, l'exploitant favorise les quelques espèces qui l'intéressent pour sa production et il combat les autres. **La biodiversité est volontairement limitée**, autant dans le sol que dans l'espace aérien. Quand il laisse la terre **en jachère**, la nature reprend ses droits. **La biodiversité augmente spontanément** dans le sol et l'espace aérien.

Le tableau **744** analyse ce qui se passe sur une même terre, selon qu'elle est cultivée ou mise sous jachère. Dans ces deux types de situations, période de cultures et période de jachère, il est toujours intéressant de se poser les questions reprises au tableau **745**.



La casse fétide (Cassia occidentalis) n'est pas appréciée par le bétail. Il préfère souvent les autres herbes poussant sur la parcelle. Faute d'être consommée, elle prolifère.

Rotation des périodes de cultures et de jachères

Chaque plante exploite une assiette racinaire délimitée. Elle puise dans cette assiette l'eau et la nourriture dont elle a besoin. Lorsque le cultivateur emporte ses récoltes, il exporte hors de son champ les éléments puisés dans la terre. Le stock de minéraux nutritifs diminue quelque peu dans la couche racinée par les cultures. A la longue, cette **couche voit diminuer sa fertilité minérale**, surtout pour ce qui est des éléments mineurs, ou oligo-éléments. S'il n'y a pas d'apports extérieurs de minéraux, on constate une baisse des rendements au bout de quelques années.

Dans les exploitations disposant de moyens financiers, on peut **remplacer les éléments exportés** par des engrais organiques ou minéraux. Mais si l'exploitant n'a pas les moyens d'acheter ce type d'intrants, la fertilité du sol va diminuer de saison en saison.

744 Reconstitution de la fertilité d'une terre par la jachère

durant les périodes de culture

- chaque espèce cultivée puise une nourriture particulière dans une couche déterminée du sol; elle épuise le sol de façon sélective;
- la production de biomasse est relativement peu importante. L'agriculteur combat les espèces dont il n'a pas l'usage;
- les produits agricoles quittent le champ. Il y a exportation de minéraux puisés dans la couche racinée par l'espèce récoltée; cette couche s'appauvrit;
- le sol est largement exposé aux rayons solaires et à la pluie, en particulier en début de saison pluvieuse. Une couche de battance imperméable peut s'installer par endroits;



peu de matières organiques recyclées

- les phénomènes de ruissellement, d'érosion et de lessivage sont intenses, en particulier au début des saisons pluvieuses, lorsque le sol a été dégagé pour la mise en culture;
- la composante d'évaporation de l'évapo-transpiration domine sur la composante de transpiration, en début de période pluvieuse, puisque la végétation n'est pas encore développée;
- le travail des outils transforme la structure du sol;
- la minéralisation des matières organiques est rapide puisque les micro-organismes disposent de beaucoup d'air dans le sol;
- il y a prolifération d'espèces végétales adventices caractéristiques des terres labourées, et régression des espèces de la forêt, de la savane, ou de la jachère initialement défrichée. L'enherbement par les adventices peut gêner les cultures;
- il peut y avoir une prolifération de ravageurs spécifiques aux plantes cultivées.

durant les périodes de jachère

- dans la jachère, de multiples espèces exploitent le sol et le sous-sol et y puisent des aliments diversifiés;
- la production de biomasse est importante; les déchets végétaux et animaux retombant à la surface du sol sont variés;
- la vie est intense dans le sol; sa structure s'améliore;
- les éléments nutritifs accumulés dans les organes aériens et souterrains ne sont pas exportés hors de la parcelle;



grande quantité de matières organiques recyclées

- le couvert végétal protège le sol contre les effets du splash et du ruissellement; l'infiltration domine;
- la composante transpiration domine par rapport à l'évaporation directe au sol;
- le sol étant protégé contre les rayons du soleil et le choc des pluies, sa température s'élève moins que dans les champs. L'humidité est maintenue dans les couches superficielles;
- la minéralisation des déchets se fait lentement;
- la jachère fabrique beaucoup d'humus qui, mélangé aux autres matériaux du sol, en améliore la structure à proximité de la surface;
- la présence des ravageurs spécifiques des cultures diminue. Dans la jachère, ils supportent mal la compétition intense se déroulant dans la chaîne alimentaire biodiversifiée, contrairement à ce qui se passe dans le contexte de biodiversité réduite, dans les champs;
- les espèces adventices considérées comme mauvaises herbes dans les champs ne trouvent plus les conditions favorables à leur prolifération, ce qui les fait régresser.

745 *Questions sur les sols de cultures ou de jachères*

- ✔ Quelle est la structure du sol, sa composition, son aération, son économie en eau?
- ✔ Comment le sol est-il occupé par les racines, par la microfaune, par les micro-organismes, etc.?
- ✔ Le sol arrive-t-il à nourrir correctement les plantes cultivées ou non?
- ✔ Quelle est la composition de la végétation, le nombre d'espèces, leurs caractéristiques racinaires et aériennes?
- ✔ Qu'est-ce que la végétation enlève ou ajoute au sol?
- ✔ Comment cette végétation agit-elle sur la vie du sol, sa protection, ses ressources minérales?
- ✔ Quelles sont les dénominations traditionnelles des jachères, et leur signification en langues vernaculaires?

La pratique de la jachère est une méthode peu coûteuse pour reconstituer la fertilité naturelle. Elle est fondée sur l'utilisation des seules ressources disponibles sur les terres de la ferme.

Nous avons rencontré au chapitre 10 des terroirs dans lesquels se pratique la succession de **périodes de cultures et de jachères**. L'exploitant s'organise pour que se succèdent:

- ➤ des **périodes où la biodiversité est combattue** ou fortement limitée au bénéfice de quelques espèces cultivées,
- ➤ et d'**autres périodes où la biodiversité est appelée à s'exprimer** au bénéfice de la texture et de la structure du sol, de la vie, et, plus globalement, de la fertilité naturelle de la terre.

La durée des jachères

Dans les exploitations familiales, la durée des jachères dépend de plusieurs éléments ainsi que des **résultats** qu'on veut en obtenir.

- ➪ **Plus longue a été la période de culture** sans restitution d'humus, plus le sol risque d'être épuisé et plus la jachère devra être longue.
- ➪ **Plus longue est la période de jachère**, plus la fertilité organique et la vie du sol seront améliorées.
- ➪ La durée nécessaire pour une reconstitution satisfaisante de la fertilité varie **selon le type de climat et de végétation**: on parle des jachères forestières, arbustives ou herbacées.
- ➪ La durée des jachères varie **selon la qualité, la diversité et l'abondance des plantes** qui la composent. Plus les plantes sont nombreuses et diversifiées, plus les effets de la jachère sur la fertilité du sol sont importants et rapides. Une jachère riche en légumineuses est probablement plus efficace qu'une jachère qui n'en a que peu ou pas. La **diversité des enracinements** joue un rôle important.
- ➪ Plus **productive en matières vivantes biodiversifiées** est la jachère, plus efficace est-elle pour le rétablissement de la fertilité du sol.
- ➪ La durée dépend aussi de la quantité de semences des plantes de jachère, du nombre de souches, de racines, de semences végétatives, de graines, qui sont **restées vivantes** durant la période de culture. Plus la période de culture a été longue, moins rapide risque d'être la reprise de la jachère. Les espèces racinées en touffes ou développant leurs racines en profondeur résistent souvent mieux durant les périodes de cultures. Il n'est pas rare, sur les sols qui ont perdu leur fertilité, que s'installent des **espèces envahissantes** n'ayant aucun effet fertilitaire, comme par exemple le *Cassia occidentalis* dont nous avons vu une image plus haut (**743**).
- ➪ La durée de la jachère dépend de la **texture des sols** et en particulier de leur composition en sable, argile, gravier, sels minéraux. Les plantes de jachère se développent plus vite et mieux sur une terre riche en sels minéraux que sur une terre pauvre ou saturée d'eau.
- ➪ Elle dépend **des pratiques agricoles** appliquées au cours de la période de culture. Sur un sol mal travaillé ou érodé par la pluie, la jachère a plus de difficultés à s'installer. Par contre, un sol bien travaillé sur lequel on a eu soin de garder l'eau de pluie et de préserver quelques souches, arbustes, bandes d'herbes, etc, se verra plus facilement envahir par les plantes de jachère. On peut aussi passer rapidement avec un outil qui ouvre la sol, afin que les graines y germent plus facilement.
- ➪ La jachère a toujours des **difficultés pour démarrer** rapidement lorsque la surface du sol est recouverte d'une **péllicule de battance** ou que la surface de la parcelle est **latérisée**.
- ➪ La durée de la jachère dépend de la **disponibilité de terres**, à la ferme ou sur le terroir. Si la surface de terre disponible pour l'exploitation est réduite, la durée des jachères est courte. Mais si elle est trop courte, la fertilité du sol n'a pas le temps de se rétablir à un niveau suffisant. Il est alors nécessaire d'envisager d'autres pratiques d'amélioration de la fertilité et de production d'humus.

Si on laisse du temps à une jachère, son évolution naturelle va la rapprocher de la formation végétale initiale. En forêt, par exemple, la jachère va reprendre une allure forestière après 10, 15 ans ou plus. Mais elle ne récupérera jamais les caractéristiques de la forêt initialement défrichée. De même en savane ou dans les marais. Dans le contexte agricole, on ne recherche pas une telle reconstitution. On vise plutôt à rétablir un équilibre entre les éléments minéraux et organiques contenus dans la couche arable.

Contrôler et améliorer l'efficacité des jachères

Types de jachères

La pratique de la jachère est efficace, mais elle n'est **pas toujours suffisante** pour rétablir les qualités et la fertilité d'une terre.

Jachères spontanées

Les **jachères spontanées** sont celles dont la végétation se développe spontanément, sans intervention de l'homme. C'est le stock de semences se trouvant dans le sol ou dans l'environnement immédiat qui se développe.

Les caractéristiques des jachères spontanées dépendent des éléments que nous avons cités ci-dessus. On lira dans *"Arbres et agricultures multiétagées"*, une approche plus complète de ces caractéristiques.

Il est bon aussi de savoir que, traditionnellement, les populations donnaient à chaque type de jachère des noms spécifiques. Ces noms désignent autant la formation végétale et la flore existant sur le terrain que les cultures qu'on peut y faire (voir *"Écocultures d'Afrique"*).

Jachères contrôlées

Les **jachères contrôlées** sont celles dans lesquelles l'homme intervient pour favoriser certaines plantes et en défavoriser d'autres. Les **buts** de ces interventions sont les suivants:

- **augmenter la production de biomasse** végétale qui retournera au sol. L'agriculteur choisit les espèces les plus intéressantes pour l'amélioration du sol et en combat d'autres qui le sont moins ou qui sont trop concurrentes pour les plantes qu'il veut encourager. Il rabat les tiges, les herbes ou les arbustes afin de provoquer des repousses. Il peut stimuler certaines espèces en favorisant le passage de la lumière à travers les étages de végétation dominante;
- passer de temps en temps dans la jachère pour **contrôler les espèces peu intéressantes** ou trop envahissantes, afin de réduire les travaux ultérieurs de remise en culture, par exemple en les fauchant au bon moment, avant qu'elles ne disséminent leurs graines. Pour cela, on passe dans la jachère avec des outils manuels ou mécaniques;
- **favoriser certains pieds** dont la présence sera utile lors de la réouverture de la jachère (palmiers, cocotiers, karités, fruitiers, etc.). Le cultivateur peut entretenir spécialement les arbres ou arbustes qu'il désire exploiter après la nouvelle mise en culture.

Jachères améliorées

Les **jachères améliorées** sont celles où le cultivateur sème des espèces fertilisantes, couvrantes, à croissance rapide, productives, en vue d'enrichir la flore.

Dans chaque région, on peut trouver des espèces répondant à ces objectifs. On les **expérimente** et adopte pour plusieurs raisons:

- parce qu'elles développent d'**abondantes racines** dans le sol et qu'elles diversifient la biomasse racinaire (les espèces développant des enracinements touffus et vivaces sont à déconseiller),
- parce qu'elles produisent **beaucoup de matière verte** qui retombera sur le sol et y pourrira,
- parce qu'elles sont **faciles à implanter** dans la jachère,
- parce qu'elles se développent dans la jachère **malgré la concurrence** des espèces spontanées,
- parce qu'elles sont **facilement contrôlées** lors de la remise en culture,
- parce qu'elles sont capables de capter l'azote de l'air dans leurs **racines symbiotiques**.

On peut **favoriser la croissance des espèces intéressantes** de la jachère en leur apportant un peu d'**engrais chimique**. Celui-ci se retrouvera immédiatement dans la matière organique et

746 ***Espèces améliorantes dans les jachères***

Flemingia sp., Tithonia sp., Tephrosia sp., Crotaliaria sp., Cajanus sp., Acacia nilotica, Acieoa barteri, Anthonotha macrophylla, Alchornea cordifolia, Gliciridia sepium, Leucaena leucocephalla

Cette liste est simplement indicative. C'est l'observation, dans chaque région, qui permet de trouver les espèces les plus intéressantes à intégrer dans les jachères courtes ou longues.

l'humus, et enrichira le sol avec un effet retardé. Cela peut être pratiqué sur des herbacées ou sur des arbres qu'on veut maintenir plus tard, lors de la reprise des cultures saisonnières. Notons que, dans ce cas, l'engrais chimique doit être correctement appliqué, à petites doses et au bon moment, auprès de quelques pieds que l'on veut encourager particulièrement.

Jachères artificielles

Les **jachères artificielles** sont celles que l'exploitant sème lui-même. Il utilise une diversité d'espèces dont il connaît l'intérêt pour la reconstitution de la fertilité. L'idée de la jachère artificielle rejoint celle de produire chez soi la matière organique sous forme d'engrais verts.

Le tableau **746** relève quelques espèces pouvant être retenues pour l'amélioration des jachères ou la pratique de jachères artificielles.

Le défrichage des jachères

Au bout de quelques mois, ou de quelques années, selon le type de jachère, le temps des cultures revient et il faut défricher. Les questions qui se posent alors sont de savoir:

- ❒ comment le mode de défrichement va **éviter les destructions inutiles** qui pourraient avoir lieu sur le stock d'humus ou sur la structure du sol,
- ❒ comment **établir une succession de cultures** qui exploite au mieux la fertilité retrouvée durant la période de jachère.

Respecter la matière organique et l'humus produits par la jachère

L'important, dans la pratique des jachères, c'est l'humification des matières organiques. On évite donc tout ce qui gêne cette humification. Lors d'un nouveau défrichement, on veille à respecter l'humus en évitant l'insolation directe du sol et la battance. On limite le feu au maximum à la surface du sol.

Dans la plupart des cas de défrichements forestiers, la quantité de feuilles, tiges, branches et troncs est importante. Pour s'en débarrasser, on met souvent le feu. Mais celui-ci entraîne des effets destructeurs (**748**).

Les méthodes progressives de nettoyage des parcelles remises en culture sont préférables. Après la coupe, on laisse le matériel abattu se décomposer durant quelques semaines, jusqu'à ce que tout ce qui pourrit facilement soit tombé au sol (feuilles, tiges et rameaux non ligneux, etc). On rassemble ensuite les troncs, les branches, les pailles dures, sur des andains ou des tas, afin qu'ils se décomposent sur place sans gêner les cultures.

Mais dans les exploitations familiales, le travail de défrichement est souvent très lourd, surtout quand il se fait manuellement. On comprend que, eu égard à la pénibilité du travail (**747**), et s'il n'existe pas d'autres moyens que les outils manuels, l'usage du feu est indispensable.

Le brûlage

Le plus souvent, après avoir procédé aux abattages, c'est par le feu que l'exploitant nettoie le sol de ses jachères, car il y a peu d'autres moyens.

Le brûlage des défriches comporte des **avantages**:

- ▲ les débris végétaux sont éliminés et le champ nettoyé avec un **minimum d'effort**, pour permettre le passage des cutivateurs,


747

Défricher la jachère arbustive à la main est un travail particulièrement pénible.


748

Le feu est souvent indispensable pour défricher les jachères, mais après son passage, on risque de perdre une partie des éléments fertilitaires qui y ont été produits.

▲ une bonne partie des **semences d'espèces adventices** qui se remettraient à croître dans le nouveau champ est éliminée,

▲ le feu détruit également bon nombre de **ravageurs**.

Lors du brûlage, la minéralisation des matières végétales abattues est immédiate. Les cendres sont déposées sur le sol et les sels minéraux qu'elles contiennent sont immédiatement utilisables par les racines des plantes cultivées dès qu'ils sont dissous dans l'eau. Cela explique que, dans la saison qui suit le brûlage d'une défriche, les **rendements augmentent** sensiblement par rapport aux phases de cultures antérieures. Mais cette amélioration n'est pas durable. On perd une partie des avantages de la jachère puisque les sels sont rapidement libérés et solubilisés dans l'eau en mouvement sur et dans le sol, plutôt que de l'être à travers le lent processus biologique de l'humification.

Le brûlage comporte des **inconvénients**.

▼ Lorsque les débris végétaux sont brûlés, le sol est mis à nu. La **battance** de la pluie, le **ruissellement** et l'**érosion** hydrique, ainsi que le **lessivage** dans le sol, sont accrus.

▼ L'**érosion éolienne** elle aussi se manifeste (dans les zones de savanes).

Le tableau **749** relève ce qui se passe après le brûlage.

S'il n'existe pas d'autres possibilités que de brûler les matières végétales, il est nécessaire de **gérer les feux** afin qu'ils soient les moins destructeurs possibles.

➟ Avant de brûler une jachère herbeuse, on peut faucher les herbes et les **laisser se décomposer** sur place durant quelque temps (ou les stocker comme fourrages). Ensuite, lorsque les matières légères sont tombées au sol, les tiges dures peuvent être rassemblées en andains ou en tas qui seront laissés là pour se décomposer, ou qui seront brûlés.

Le même principe peut être appliqué pour le défrichement des jachères d'arbres. Après l'abattage, on donne le temps aux matières fines de tomber sur le sol, avant de rassembler les branches et les troncs en **andains** ou de les bûcheronner.

➟ Faire des **feux de faible intensité**. Si le brûlage ne peut être évité, on cherche à diminuer sa nocivité. S'il passe rapidement sur la parcelle, dans le **sens du vent**, le feu est en général moins destructeur que s'il progresse lentement en **contre-vent**. Il détruit moins de matières, mais malheureusement, celles qu'il détruit sont plus légères et contiennent généralement plus d'azote utile aux décomposeurs biologiques.

749 *Attention au brûlage des jachères herbeuses!*

Le feu détruit rapidement la matière organique contenue dans les pailles.

Il détruit aussi les semences, ainsi que les ravageurs qui se trouvent dans les herbes.

La végétation sèche est transformée en cendres qui tombent sur le sol, et en gaz qui s'échappent dans l'air.

Les cendres sont frappées, écrasées et dissoutes par les pluies. Elles sont entraînées par les érosions hydriques et éoliennes.


750
pailles protégeant le sol contre l'érosion


751
protection du sol inexistante

Les sels minéraux solubles contenus dans les cendres sont lessivés par l'eau qui s'infiltre et descend dans le sol.

Une partie des sels sera captée par les plantes cultivées, mais une bonne proportion est aussi emportée hors de la couche arable.

Les réserves de matières organiques fabriquées par la jachère sont en grande partie perdues pour la fabrication d'humus et la transformation de la structure du sol.

Brûler les jachères herbeuses avec circonspection pour ne pas en perdre les avantages. Mieux vaut ne brûler que les déchets les plus ligneux ou les pailles dures, après avoir laissé se décomposer les parties moins coriaces qui, en général, contiennent plus d'azote. Veiller à ce que le ruissellement ne puisse s'installer lors des premières pluies, car il emporterait une partie sensible des cendres et des sels minéraux nutritifs hors de la parcelle défrichée.

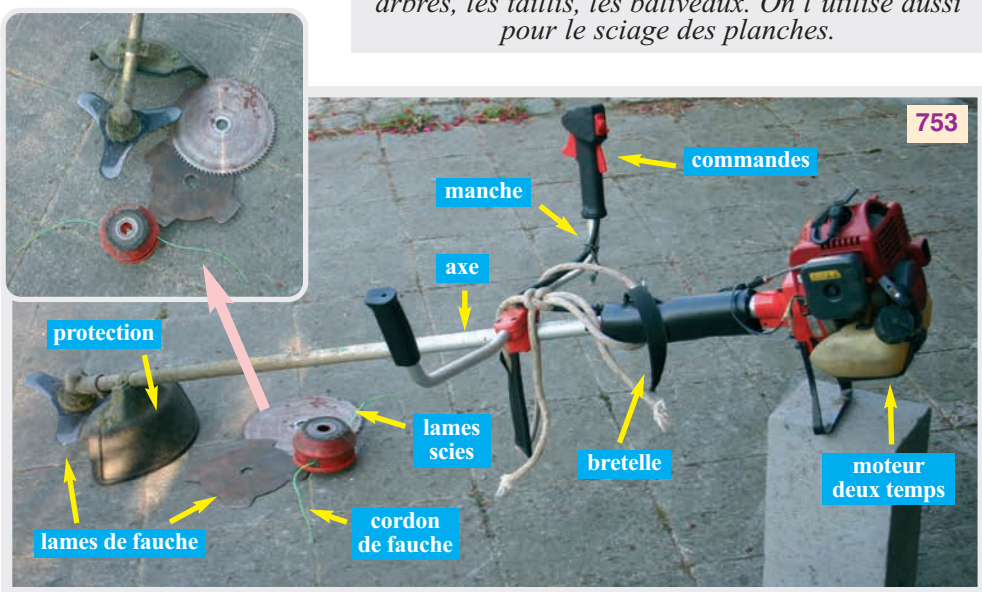
Outils pour défricher les jachères

Il existe des outils permettant de bien valoriser les produits de la jachère:

- ✓ les outils **les plus courants** dans les petites exploitations familiales sont **manuels**: machettes, houes, crocs, râteaux, scies;
- ✓ les **tronçonneuses** mécaniques coupent le bois des arbres et arbustes à abattre. Elles permettent de le tronçonner en morceaux avant de dégager le terrain (**752**);
- ✓ les **débroussailleuses** mécaniques fauchent la végétation herbeuse et buissonnante au ras du sol (**753**);
- ✓ les **broyeurs** permettent de découper en copeaux les branchettes et les lianes. Les copeaux retombent sur le sol et y pourrissent. On peut aussi les entasser dans une compostière. Ils sont utilisables pour pailler ou mulcher des jeunes plantations. Il existe de nombreux modèles de broyeurs, des plus petits aux plus puissants;
- ✓ les **treuils** permettent d'arracher de fortes souches;
- ✓ des **charrues** permettent d'extirper les racines les moins fortes et, éventuellement, de les enfouir dans les jachères herbeuses. Encore faut-il qu'elles soient tirées énergiquement par un bœuf, un cheval ou un tracteur. L'âne convient assez mal, faute de force;
- ✓ les **extirpateurs** sont formés de lames qui extraient les racines superficielles et les rhizomes et les laissent tomber en surface;
- ✓ le **gyrobroyeur** est constitué d'une très grande lame qui tourne rapidement à proximité du sol. Il fauche et hache la végétation aérienne mais laisse les racines intactes. Un tracteur puissant est indispensable. Il n'est utilisable que dans des jachères herbeuses ou légèrement arbustives;
- ✓ le **rotavator** découpe les tiges laissées sur le sol et les enfouit. Il est tiré par un tracteur puissant.



La tronçonneuse mécanique permet de couper les arbres, les taillis, les baliveaux. On l'utilise aussi pour le sciage des planches.



La débroussailleuse fauche les herbes et les fines tiges ligneuses. Elle peut s'avérer très efficace pour le fauchage des jachères herbeuses et des prairies fourragères.

Où et comment pouvons-nous observer, dans notre milieu, le travail des racines dans le sol? Où les racines sont-elles les plus actives dans ce milieu? Qu'observons-nous quant à leur action dans le sol: pour l'économie en eau, pour l'aération du sol, pour les êtres qui y vivent? Quelles différences observons-nous entre les sols fortement racinés et ceux qui ne le sont pas?

Pratique-t-on les jachères sur nos terroirs? La disponibilité en terres est-elle suffisante pour les mises en jachères? Quels sont les types de jachères qu'on peut observer? Quelle est leur efficacité? Combien de temps faut-il à la jachère pour rétablir un niveau satisfaisant d'humus dans le sol? Quelles sont, dans notre milieu, les pratiques agricoles possibles pour améliorer l'efficacité des jachères?

Chapitre 33
Travailler le sol



Distinguons plusieurs grands **types de travail** du sol.

- ❑ Le **LABOUR** consiste à préparer la couche arable du sol afin de favoriser le bon développement racinaire des cultures.
- ❑ La **TROUAISON** consiste à creuser des trous larges et profonds dans lesquels seront plantés des arbres. La terre prélevée est stockée au bord du trou afin qu'elle s'aère, puis elle y est rejetée au moment de la plantation. Les racines trouveront un milieu favorable à leur établissement.
- ❑ Le **SOUS-SOLAGE** concerne des couches situées en dessous de la couche arable. On tente d'agir dans le sous-sol avec des outils très puissants en vue de favoriser la circulation de l'eau et de l'air.
- ❑ Nous avons parlé plus haut du sarclage et du binage. Le **SARCLAGE** a pour but de combattre les plantes adventices (mauvaises herbes), tout en rompant la surface du sol. Le **BINAGE** est une pratique destinée à rompre la couche superficielle d'un sol, imperméabilisée par les pluies, afin de limiter l'évaporation en surface et de favoriser l'infiltration.

La **COUCHE ARABLE** est celle qui est régulièrement occupée par la grande masse de racines des plantes cultivées. Les pratiques ci-dessus ont pour but de modifier la structure de la couche arable, afin de faciliter la pénétration des racines et d'élargir leurs assiettes racinaires. Cette modification se réalise à **plus ou moins grande profondeur**.

L'épaisseur de la couche arable, qu'elle soit travaillée manuellement ou mécaniquement, peut être augmentée par les techniques du buttage et du billonnage que nous abordons plus loin.

Les labours

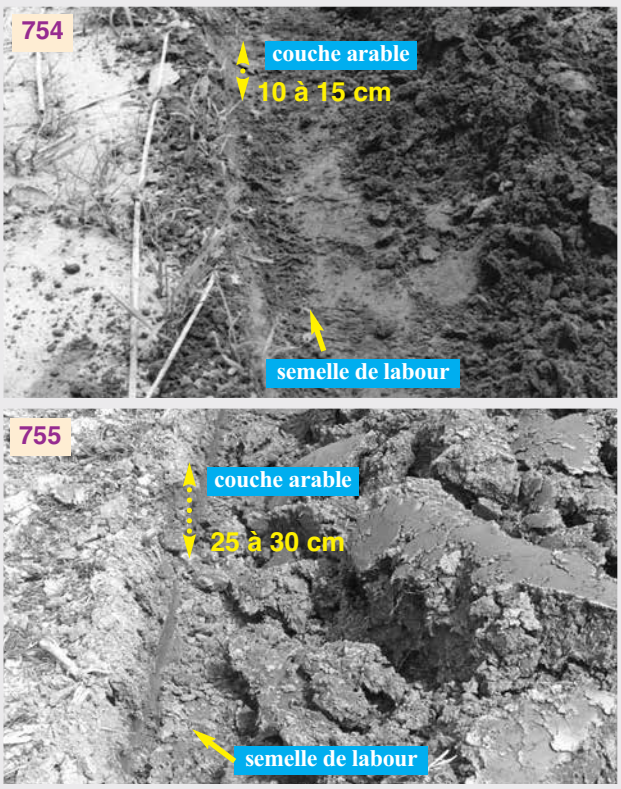
Pourquoi laboure-t-on?

On laboure le sol pour plusieurs raisons.

- ➥ Le labour **ameublit la terre**. Plus la couche de terre retournée est profonde, plus les racines s'y allongent aisément en quête d'aliments.
- ➥ Si, après le labour, la structure des premiers centimètres de terre est affinée avec un râteau ou une herse, la **germination** des semences et leur **établissement** dans le sol sont facilités. Labour, ratissage et hersage visent donc à établir **un lit de germination** favorable à la levée des graines.
- ➥ Le labour **facilite l'entrée de l'air dans le sol**. Un sol bien aéré est un milieu favorable pour la plupart des plantes cultivées. L'aération est aussi indispensable à la **minéralisation des matières organiques** par les bactéries du sol.
- ➥ Si la terre est sèche et recouverte d'une péllicule de battance, le labour **favorise l'infiltration de l'eau de pluie.** Plutôt que de ruisseler en surface, elle pénètre dans les fentes, entre les mottes de terre. Les aspérités provenant des labours retiennent sur place une bonne partie de l'eau de pluie ou d'arrosage.
- ➥ En labourant, le cultivateur peut **combattre les herbes indésirables**. Un labour bien fait les déracine, les renverse et les étouffe sous la terre retournée.
- ➥ Le labour permet d'**enfouir les fumiers**, les pailles, les cendres, les engrais, épandus à la surface des champs.
- ➥ Si le sol est argileux et qu'il contient trop d'eau, le labour **favorise son drainage** dans les couches les plus superficielles. Les techniques de labours en buttes ou en billons sont particulièrement efficaces à ce point de vue.

Les photos **754** et **755** montrent deux labours. Le premier, pratiqué avec un "cultivateur" tracté par un âne sur une terre légère, est peu profond. La couche ameublie ne dépasse pas 15 centimètres. Le second, réalisé dans un sol lourd et argileux au moyen d'un engin très puissant, est plus profond. Il a ameubli la terre sur 30 à 35 centimètres.

Sous les parties ameublies, on rencontre une **SEMELLE DE LABOUR**. On appelle ainsi la partie non travaillée par les engins. Elle est relativement plus dure que la couche ameublie. La pénétration des racines y est moins aisée.



En haut, l'énergie de traction pour le labour est faible. La couche arable ne dépasse pas 10 à 15 centimètres d'épaisseur. En bas, l'énergie est plus grande, la couche arable a une épaisseur de 25 à 30 centimètres.

Qu'est-ce qui détermine la façon de labourer?

La façon de labourer dépend de plusieurs facteurs:

- les **qualités de la terre** à cultiver. Une terre sableuse et légère n'est pas labourée comme une terre argileuse lourde ou comme une terre riche en matières organiques et grumeleuse. La terre argileuse formera des grosses mottes dures, la terre sableuse se décomposera plus finement. Un labour bien fait doit **favoriser la structure du sol** afin d'y rendre aisé le développement des racines. **On évite de maltraiter la couche arable**. La terre travaillée ne doit pas être écrasée (par exemple par les roues d'un tracteur) et le mode de labour ne doit pas accentuer l'érosion;
- l'**épaisseur du sol cultivable**. Un sol peu profond ne peut être labouré comme un sol profond;
- le labour d'un sol **en pente** ne doit pas être le même que celui d'un sol horizontal. Le labour doit nécessairement tenir compte des risques de ruissellement et d'érosion. S'il se fait dans le sens de la pente, le labour favorisera le ruissellement et l'érosion;
- les **espèces** qu'on veut semer ou planter. Les enracinements diffèrent entre eux. Les labours doivent s'adapter. Les plantes à enracinement superficiel exigent un labour moins profond que celles dont l'enracinement a tendance à s'enfoncer plus profondément;
- **l'humidité du sol** intervient aussi pour déterminer la façon de labourer. Par exemple, le sol d'un bas-fond inondable peut être labouré de façon à laisser s'écouler l'eau vers des rigoles afin de provoquer un drainage. Les techniques de labours en buttes, billons ou planches sont souvent plus adaptées que les labours continus lorsque le drainage s'impose;
- le travail de la terre dépend des **outils** disponibles. Les outils manuels ne peuvent déplacer autant de terre que les charrues mécaniques. Chaque modèle de charrue travaille la terre à sa façon, plus ou moins large ou profonde;
- l'**énergie utilisée pour actionner les outils** est un élément qui modifie les caractéristiques des labours. La main, l'animal ou le moteur (et différentes sortes de moteurs) ne font pas le même travail;
- le labour diffère selon le **volume et la composition de la matière organique** à enfouir dans le sol. Des pailles longues, par exemple, sont plus difficiles à enfouir que des petits débris ou du fumier animal.

Mais, outre tous ces points, n'oublions pas l'aspect essentiel: comment faire pour protéger et **améliorer la biodiversité** dans le sol, pour y créer et y entretenir la vie et les échanges chimiques au bénéfice de l'alimentation des plantes cultivées.

Il existe des méthodes de culture dites **ZÉRO LABOUR**. Il s'agit de limiter au maximum les dérangements de la terre arable, afin de perturber le moins possible les équilibres naturels et la biodiversité du sol. Ces méthodes sont praticables là où le sol est relativement facile à pénétrer par les racines des plantes cultivées et où la végétation adventice peut être aisément combattue aussi bien avant que durant les périodes de culture. Lorsque la parcelle est dégagée des espèces spontanées qui l'occupent (par sarclage ou par arrachage), les graines sont semées dans des poquets ou le long de lignes scarifiées. Le sol n'est ouvert dans ces lignes que pour permettre la germination et la croissance des semis.

Notes

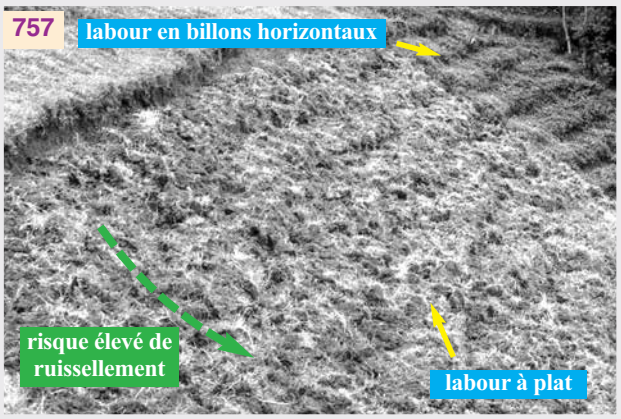
Quelques pratiques de labour

Le labour à plat

On parle de **LABOUR A PLAT** lorsque la terre est labourée de façon **homogène et continue** sur toute la superficie du champ, qu'il soit horizontal ou en pente. Voici une terre qui a été labourée à plat au moyen d'une charrue asine (**756**). Le semis manuel est en cours. La photo **757** et sa petite illustration montrent un labour à plat, pratiqué sur une forte pente. Les risques d'érosion sont très importants dans cette situation, alors qu'ils sont moindres, mais pas inexistants, sur les plaines.

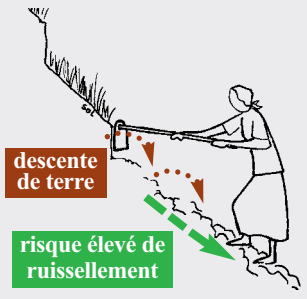


Labour et semis à plat, sur terre plane



Le labour à plat sur une terre en forte pente entraîne une érosion intense et la formation de ravines.

Le déplacement de la terre vers le bas lors du houage accentue la disparition de la terre arable.



Parmi les **avantages** du labour à plat, citons la facilité **de mécanisation** (du moins sur les terres planes) ainsi qu'une bonne **régularité des semis** en lignes et en culture pure.

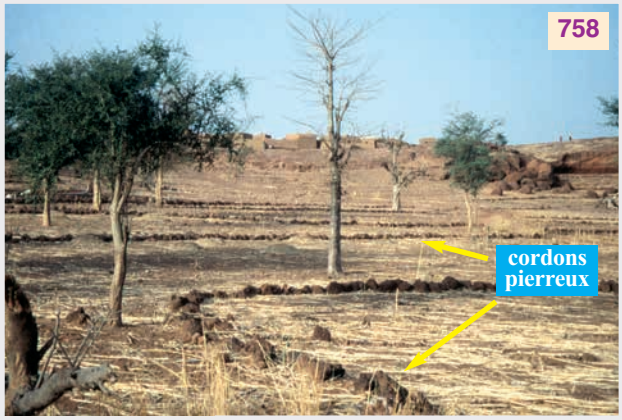
Dans les rizières inondables, les plaines horizontales, les planches maraîchères, le labour à plat est adapté. Il permet par exemple l'irrigation en nappe d'eau qui consiste à recouvrir une parcelle d'une couche d'eau homogène.

Parmi les **inconvénients**, notons les risques de ruissellement et d'érosion en nappe ou en rigoles. Ces risques sont faibles sur les sols très sableux se laissant facilement traverser par l'eau. Ils sont plus importants sur les sols argileux imperméabilisés par la battance des pluies et établis sur des pentes même légères.

Lorsqu'on laboure à plat, il est souvent indispensable d'**organiser la lutte contre le ruissellement** (**758**).

Le labour en billons

Le **BILLON** est une élévation de terre allongée sur laquelle on établit les plantes cultivées. On parle parfois simplement de butte. Voici, sur la photo **760**, un exemple de champ labouré en billons. Les **SILLONS** sont les espaces situés entre les billons.



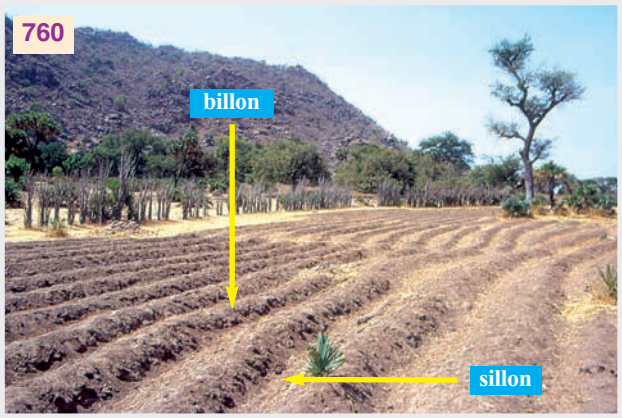
Pour éviter le développement du ruissellement et de l'érosion hydrique, les labours à plat doivent être accompagnés de mesures anti-érosives.

Ici en haut, des cordons pierreux, en bas, des banquettes de pierres



Les raisons du billonnage sont les suivantes:

- création d'un **volume de terre bien aéré et drainé**, dans lequel se développent les racines. Certains billons peuvent atteindre jusqu'à 60 ou même 70 centimètres,
- possibilité de semer ou planter à **plusieurs niveaux de terre arable**: au sommet du billon, au fond du sillon, sur ses flancs du billon. On peut donc **associer des cultures** dont les développements racinaires sont différents. Leurs assiettes racinaires peuvent se développer sans se rencontrer. Certaines des plantes associées développent leurs racines dans le volume du billon, alors que d'autres les développent au fond du sillon, dans la semelle de labour.



Labour en billons et sillons

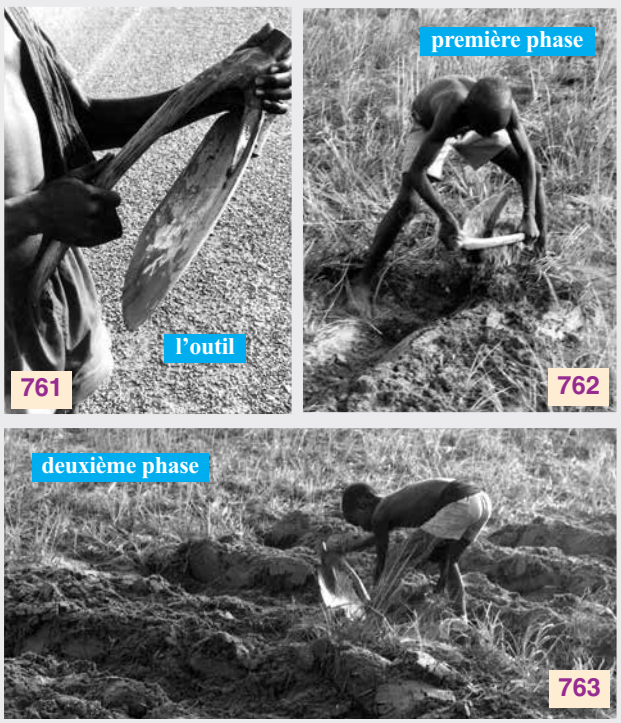
Confection des billons

En pays sénoufo, par exemple, dans des terres assez sableuses, le billonnage s'effectue en deux phases. Au cours d'un premier passage, on commence à creuser le sillon (**762**). La terre est découpée en mottes et retournée sur la ligne du futur billon. Le laboureur prend soin d'enfouir les herbes arrachées. La deuxième phase du labour est l'approfondissement du sillon et la surélévation du billon. Le cultivateur creuse le fond du sillon et dépose la terre qu'il y a prélevée sur le billon (**763**). Il recouvre encore les herbes qui dépassent à la surface, pour les étouffer. Il peut éventuellement passer une fois de plus pour approfondir le sillon et relever encore le billon.

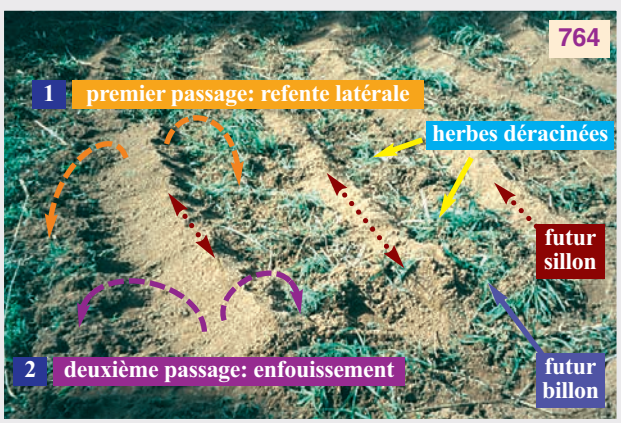
Si nous faisons une coupe dans les billons de ce champ, voici ce que nous pouvons observer (**765**).

L'année prochaine, ces billons seront **refendus** et la terre sera reportée à l'endroit où se trouvent les sillons cette année (**764**). Nous voyons que chaque année, la terre est mélangée sur plus de soixante centimètres d'épaisseur. C'est donc un **labour profond avec enfouissement complet des herbes** non désirables. Une bonne partie de celles-ci va pourrir dans le sol et le nourrir. Une autre va tenter de se frayer un passage vers la lumière, pour reprendre vie.

En Casamance (au Sénégal), comme dans les régions voisines de la Guinée Bissao ou de la Gambie, les paysans pratiquent la culture du riz dans les plaines basses conquises sur la mangrove (marécages). Ces terres sont très salées. Elles sont envahies périodiquement par les eaux des estuaires marins. Les riziculteurs établissent de hauts billons au

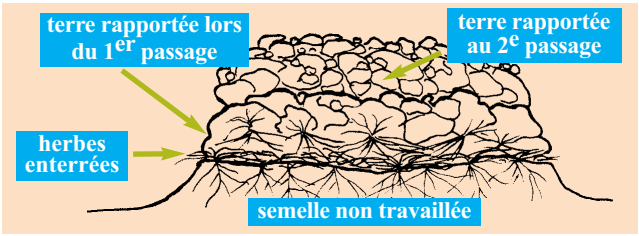


Billonnage en pays sénoufo (Côte d'Ivoire, Mali, Burkina)



Refente des billons. Les nouveaux billons vont prendre la place des anciens sillons, après retournement des herbes dans ceux-ci.

765 Structure d'un billon



moyen du *kayendo* (766). Cet outil sert à refendre les billons de la saison précédente, et à creuser les nouveaux sillons. Le résultat de ce travail est montré sur les photos 766 et 767. Les billons atteignent entre 60 et 80 centimètres de hauteur. Celle-ci dépend des nécessités du drainage et du lessivage des sels au sommet des billons. Après une période de pluie, le riz est semé à leur sommet. Plusieurs phénomènes se passent à l'intérieur des billons:

- l'eau salée s'élève par **capillarité**, mais ne remonte pas jusqu'au sommet;
- l'eau douce des pluies **lessive** le sommet des billons, ce qui **diminuera la salinité** à ce niveau, au bénéfice des plants de riz;
- l'eau excédentaire est **drainée** dans les sillons, vers l'extérieur de la parcelle.

Ce système traditionnel de billonnage a bien fonctionné par le passé, lorsque les pluies et les rivières apportaient assez d'eaux douces pour effectuer les lessivages et les drainages nécessaires pour entraîner les sels excédentaires. Mais il est actuellement mis à mal par la baisse de la pluviométrie.

Revenons à la photo 757, où nous avions relevé les risques du labour à plat sur les fortes pentes. La photo 768 présente une solution. Des billons ont été établis **perpendiculairement** à la pente la plus forte, et ont été **cloisonnés** pour que l'eau s'infiltre. Les labours sont faits de façon à ce que la terre ne tombe plus vers le bas. Le travail du sol a amené la formation de terrasses ayant la largeur d'environ trois sillons. Le billonnage et le terrassement sont efficaces, ici, pour limiter l'érosion et la perte des ressources en eau de pluie. Mais il faut dire que cette technique est beaucoup plus exigeante en travail que le labour à plat.

Le billonnage en lignes de niveaux est utile pour lutter contre le ruissellement et l'érosion. Il n'est pas une solution miracle, surtout si les entretiens laissent à désirer.

Lorsque les billons sont bien établis perpendiculairement à la plus forte pente du terrain, il faut encore veiller à ce que l'eau excédentaire, s'il y en a, puisse s'échapper sans faire de dégâts.

Adaptation des billons

Le billon que nous voyons à la photo 769 a été adapté en vue d'associer deux espèces. L'oseille a été semée de part et d'autre du sommet du billon. Au centre de celui-ci, des petites fosses ont été creusées pour y semer de l'arachide. Les deux espèces exploitent des parties différentes du billon. Les jeunes fruits d'arachide pénètrent facilement dans la terre ameublie du sommet. Les deux plantes sont satisfaites pour ce qui est de l'eau du sol. Les racines de l'oseille trouvent plus d'eau puisqu'elles s'enfoncent un peu plus bas que celles de l'arachide qui est moins sensible à la sécheresse.

De **multiples adaptations** sont possibles, lors des labours manuels, pour valoriser au mieux les espaces enracinés au bénéfice d'une grande diversité culturale. La photo 773 montre un champ dont le labour combine plusieurs pratiques. On voit qu'après avoir établi ses billons, le cultivateur les a retravaillés. Des cloisons ont



Billonnage au moyen du kayendo dans les rizières salées de Casamance.



Rizière de mangrove prête à recevoir le riz au sommet des billons.

768



Billons perpendiculaires à la pente et terrassement.

été créées pour éviter le ruissellement. Des petites buttes ont été aménagées à intervalles réguliers, au sommet des billons. La terre de ces petites buttes a été prélevée dans les sillons, ce qui y a créé des petites fosses.

Plusieurs espèces sont cultivées ensemble sur cette parcelle. Le haricot occupe le sommet des buttes. Une variété de gombo à haute tige occupe les flancs du billon. Des légumes, et par endroit du maïs, ont été semés dans les fosses.

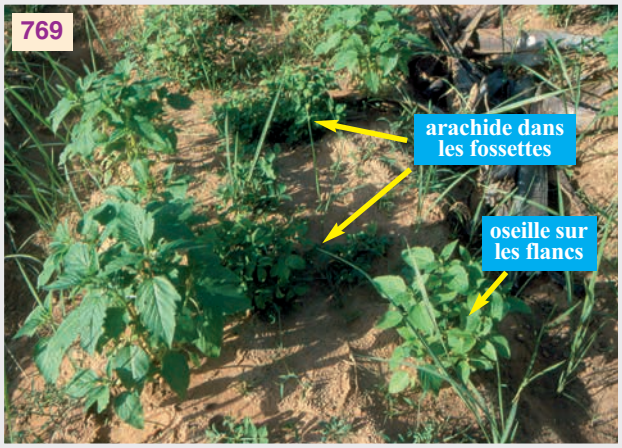
On voit donc que le cultivateur a créé plusieurs volumes dans lesquels sont implantées des assiettes racinaires différentes.

Avantages et inconvénients des labours en billons

Les différentes pratiques du billonnage comportent des **avantages** pour les exploitations familiales:

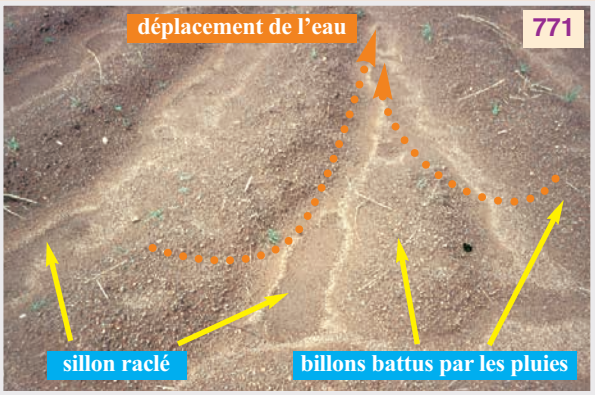
▲ elles peuvent être pratiquées **manuellement**, **mécaniquement**, ou de façon combinée: mécanique avec travaux manuels complémentaires;

769

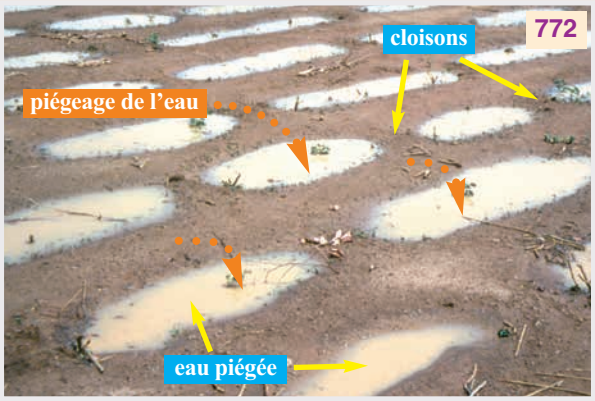


Billon surmonté de petites fosses.

770 Cloisonner les billons pour piéger l'eau



Une heure après la pluie, l'eau a quitté la parcelle après avoir raclé les billons (ci-dessus). Les particules légères sont emportées. Si les billons avaient été cloisonnés, on aurait eu le résultat ci-dessous: infiltration de l'eau dans le sol et maintien sur place des particules fines et des colloïdes.



▲ les billons peuvent être **adaptés en hauteur et en largeur,** en fonction des besoins des plantes cultivées et de leur type d'enracinement, ainsi que de la position de la nappe d'eau;

▲ le **volume de terre ameubli est important**, dans le billon lui-même et aussi au fond des sillons, dans la semelle du champ;

▲ le billonnage et ses adaptations sont intéressants lorsqu'on veut **associer des espèces,** chacune pouvant trouver une position favorable à l'un des niveaux du billon ou du sillon;

▲ la constitution des billons en lignes de niveaux, et leur cloisonnement, sont efficaces pour la **lutte contre l'érosion des terres**, surtout sur des terres en fortes pentes. Le labour en billon est d'ailleurs le seul labour intéressant sur de telles pentes;

▲ dans les parcelles de terres salines, le billonnage comme le buttage permettent de **diminuer la salinité** du sol occupé par les racines, au sommet du billon, si du moins celui-ci est assez élevé.

Les **inconvénients** du labour en billon peuvent être résumés comme suit:

▼ le **travail** est important et lourd;

▼ les **risques d'érosion** en rigoles sont conséquents si les billons sont mal établis;

▼ sur les terres en fortes pentes, l'excédant d'eau accumulée dans les sillons peut causer des **effondrements** (solifluxions) (**398**). Une portion de terre alourdie par l'eau peut se mettre à glisser sur la pente. Lorsque ce risque existe, il faut régler les cloisons pour permettre à l'eau excédentaire de s'échapper (comme dans le cas des fossés antiérosifs rencontrés au chapitre 19);

▼ au sommet des billons, il peut y avoir **déchaussement** des plants résultant de l'érosion, en particulier du splash des pluies. Les billons doivent donc être régulièrement reconstitués au cours de la saison culturale;

▼ l'application d'**engrais chimiques** demande des précautions. Ceux-ci doivent être intégrés à la terre des billons et non appliqués en surface, car ils seraient emportés par la première pluie venue.

773 Exemple de labour au service de la diversification



Le travail du sol cherche à exploiter un volume souterrain maximum, en y établissant une large diversité d'espèces.

travail du sol

- billons
- cloisons
- petites fosses et buttes au sommet des billons
- petites fosses dans la semelle, au fond des sillons

occupation du sol

- sommet des buttes
- sillon
- semelle

principales espèces

- haricots
- arachides
- gombo haute tige
- maïs
- divers légumes
- rôniers

Le labour en buttes

Les **BUTTES** sont des élévations de terre arable généralement rondes et coniques, sur lesquelles on plante ou on sème. La **semelle** est la partie du sol non travaillée qui supporte la butte.

Le labour en butte, comme le labour en billon, est fréquent dans les exploitations familiales. Il permet d'accroître le volume de terre arable mis à la disposition des plantes, sans devoir faire appel à des outils de labour puissants.

Les petites buttes de la photo **774** ont été réalisées à la main pour y semer du mil. La cultivatrice, disposant de peu de moyens et de force, a raclé superficiellement un peu de terre afin de l'accumuler par places. Les développements racinaires vont se limiter au volume des petites buttes parce que les racines ne pénètrent que difficilement dans la semelle dure. Comme la couche de terre pouvant être raclée est mince, le nombre de buttes confectionnées est peu élevé. La densité de plantation est donc faible.

Ce système de buttage comporte d'importants risques d'érosion puisque rien n'arrête l'eau, comme on peut le voir sur la photo **775**.

Voici une terre sableuse labourée en hautes buttes destinées à l'igname (**776**). On en voit les collets aux sommets. Le développement des tubercules a besoin d'un sol aéré et bien drainé, ce qui est le cas à l'intérieur des buttes.

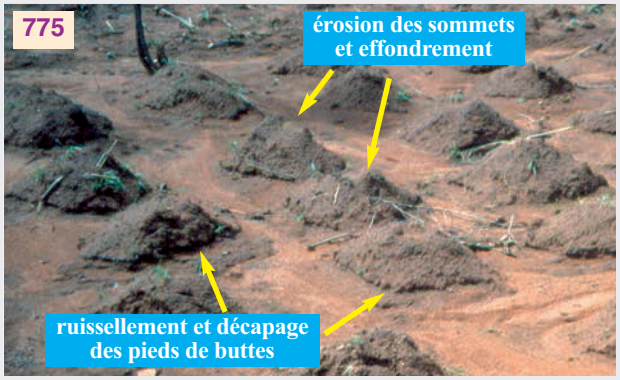
En Côte d'Ivoire, au Mali, au Burkina Faso et ailleurs dans la sous-région, les cultivateurs établissent leurs buttes élevées au moyen de l'outil manuel déjà rencontré plus haut à la photo **761**. Remarquons que la quantité de terre déplacée pour créer les buttes est importante, et que la mécanisation de ce travail n'est pas possible avec les outils de labour disponibles actuellement.

Voyons le champ multiétagé de la photo **777**. Le buttage y est utilisé tant comme méthode de labour que comme technique d'entretien. On y trouve toutes sortes d'espèces occupant des buttes, la semelle du

champ et des fosses creusées à même cette semelle. La technique consiste à travailler et à déplacer constamment la terre pour adapter les volumes ameublis. On favorise les enracinements en buttant ou en trouant la terre, on pratique des tailles racinaires (par exemple sur les caféiers dont les racines sont proches de la surface), on provoque l'apparition ou le renforcement des racines adventives (sur le maïs, les haricots, la tomate), on troue la semelle pour y planter


774

Petites buttes formées par raclage d'un sol dur et caillouteux



En l'absence de mesures antiérosives, les risques d'érosion sont très importants sur les parcelles labourées en buttes.

des arbres qui développeront leurs racines dans les couches inférieures du sol. Le passage permanent dans la plantation permet de combattre les herbes indésirables. Cette méthode de culture continue combine donc les labours en buttes et à plat, les trouaisons et les sarclages.

Des buttes peuvent aussi être établies en vue de **drainer** des volumes de terre. On en voit un cas sur la photo **778**. Le cultivateur a souhaité diversifier ses cultures sur une partie de sa rizière inondable. Il y a créé des buttes actuellement surmontées de patates douces. Les pieds de celles-ci disposent de beaucoup


776

Labour en buttes élevées pour la culture d'ignames, en Côte d'Ivoire

d'eau dans le bas des buttes, mais les tubercules trouvent dans le haut l'air dont elles ont besoin. Les buttes pourront être aplanies l'année prochaine, afin de recultiver du riz en inondation.

Dans le centre du Cameroun, l'établissement de buttes drainantes est une pratique traditionnelle. Nous en voyons un exemple sur la photo **779**. Les buttes sont établies dans des marécages, aux abords des fleuves (ici, près de la Sanaga). Plus le niveau de l'inondation risque d'être élevé, plus hautes sont les buttes. Des pieds sont semés à tous les niveaux des buttes (maïs, manioc, arachide, gombo, légumes) et de la semelle (riz principalement). Les résultats de ce type d'agriculture sont soumis au hasard des inondations.

Avantages et inconvénients du labour en buttes

Le labour en buttes a l'**avantage** de pouvoir être fait avec des **outils manuels** dans toutes les exploitations, sur tous les types de sol. On le réalise dans des **lieux limités**: dans une cour, à l'arrière d'une maison ou d'une


777

Pratique du buttage-sarclage dans une plantation multiétagée ivoirienne

étable, le long d'un chemin. Quelques mètres carrés suffisent pour établir des buttes. Elles sont réalisables **sur des sols peu profonds**, en raclant le peu de terre meuble disponible, **autant que sur des sols profonds**.

La confection de buttes bien faites permet de **régler l'économie en eau** dans les espaces occupés par les racines. Il se peut que le haut des buttes soit bien drainé et aéré alors que leur pied reste humide.

Le labour en butte comporte aussi des **inconvénients**. La confection des buttes est un **travail lourd** qui **ne peut être facilement mécanisé**. Les buttes sont soumises à l'érosion (775). Leur hauteur diminue lorsqu'elles sont frappées par les pluies. On peut craindre le **déchaussement** des plants.

Le labour en buttes coniques convient assez bien en plaines. Il n'est pas adapté aux parcelles pentues.

778



Buttes drainantes dans une rizière inondable

779



Buttes drainantes traditionnelles, au centre du Cameroun. La semelle du champ est inondée selon la pluviosité et les crues de la rivière voisine.

Le labour en planches

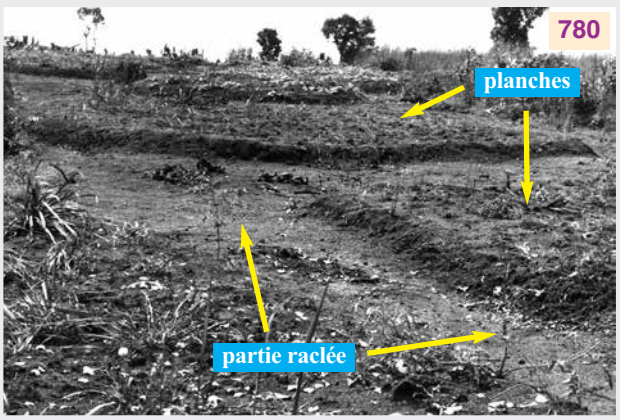
Les **PLANCHES** sont des espaces de quelques mètres carrés sur lesquels se pratiquent principalement des cultures maraichères. On voit sur la photo **780** un exemple de planches traditionnelles dans une ferme du centre du Cameroun. Elles sont surélevées. La terre a été saisie sur les côtés pour être rejetée sur les planches. On y cultive du maïs, du manioc, du macabo, des légumes ou d'autres espèces. Le travail manuel de confection de ces planches est très important, vu la masse de terre à déplacer, mais l'épaisseur de la couche rapportée est de l'ordre de 30 centimètres, ce qui équivaut à un labour profond. La surface des planches est le plus souvent labourée à plat, mais on peut aussi, éventuellement, y réaliser des petites buttes ou des fossettes pour favoriser certaines plantes plus que d'autres.

Voici un autre type de planches consacrées à la culture maraîchère (781). Actuellement, on y trouve du maïs, des aubergines amères et des courges en association. Ces planches sont arrosées par ruissellement dans les rigoles.

Lorsqu'on prévoit des arrosages plus intensifs, les planches sont **délimitées par des rebords** (429) **ou creusées dans le sol** (428) afin d'empêcher l'eau de s'échapper. Elles sont ratissées et planées, afin que l'eau d'arrosage s'étale de façon uniforme. On peut aussi les creuser à 10 ou 20 cm de profondeur. A l'intérieur des planches, on peut moduler la terre selon les besoins particuliers de telle ou telle espèce. On trouve une série d'images présentant la technique des planches de culture irriguées ou drainées au chapitre 20.

Parlons aussi des planches qu'on établit sur des tables (782). On les construit par exemple dans des

780



Labour traditionnel en planches faites de terre rapportée au-dessus de la végétation préexistante. L'épaisseur des planches dépasse 30 centimètres.

pépinières où on ne souhaite pas que les jeunes pieds ou les boutures soient attaqués par des animaux ou des micro-organismes vivant dans le sol. Il faut évidemment être très attentif aux arrosages sur ce type de planche.

Autres formes de labours

Au cours des parties précédentes, nous avons rencontré d'autres formes de labours et de travail du sol: labours en **poquets**, en **fossettes**, en **trous**.

Souvent, ces pratiques combinent le travail des outils et celui des fumures organiques. On le voit par exemple à la photo **783**. Des petites fosses ont été établies. Leur profondeur est d'environ 25 centimètres. Chacune a reçu sa quantité de compost. Les rebords des fossettes ont été surélevés, ce qui, comme nous l'avions vu plus haut, permet d'amoindrir les effets du vent sur les toute jeunes pousses.

Voici par exemple le **labour en poquets** *"zaï"* tel que pratiqué au Burkina Faso (**784**). Dans un grand champ qui sera consacré à la culture du mil ou du sorgho, on crée des petites fosses. On les remplit de fumier végétal ou animal. Ces éléments vont ameublir le sol au fond de la fosse, avant que les céréales n'y soient semées. On compte donc d'une part sur le travail des outils qui ameublissent le sol, d'autre part sur celui de la microflore et de la microfaune qui décomposent les matières et mettent les minéraux à la disposition des racines.

La trouaison en vue de la plantation des arbres est une façon de travailler la terre pour que les racines arrivent à s'enfoncer dans le sol. Nous en avions parlé au chapitre 13 (**208**).

Rappelons-nous aussi les techniques traditionnelles de semis en poquets profonds pratiquées dans des plaines inondables dont le niveau d'inondation fluctue. Au Tchad, par exemple, les cultivateurs des bords du fleuve Chari enfoncent leur pieu jusqu'à 20 ou 30 centimètres de profondeur. Ils placent les graines tout au fond des trous. De la sorte, les plantes profitent aussi longtemps que possible de l'humidité profonde du sol (**785** et **786**).



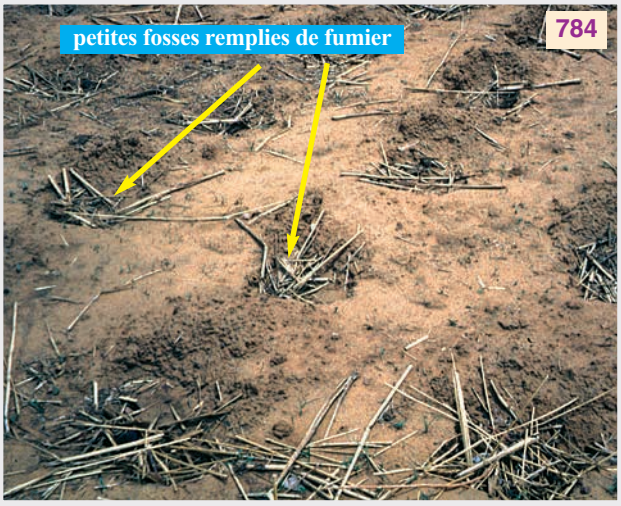
Planches de culture maraîchère arrosées par ruissellement. On y trouve l'aubergine amère, la courge et le maïs, en association.



Planche de culture sur table



Les bords de ces fosses individuelles très bien fumées sont relevés, ce qui fait remonter le vent coulant à la surface du sol.



Technique du zaï en vue de la culture céréalière au Burkina Faso. Chaque poquet reçoit sa dose de fumier animal ou végétal.

Labour et humidité du sol arable

En brisant la continuité des matériaux du sol, les labours modifient la structure et les caractéristiques hydriques du sol.

Ils **facilitent la percolation** de l'eau de pluie à travers la couche arable. L'infiltration et la percolation des eaux de pluie sont accélérées vers les couches de sol moins accessibles par les racines.

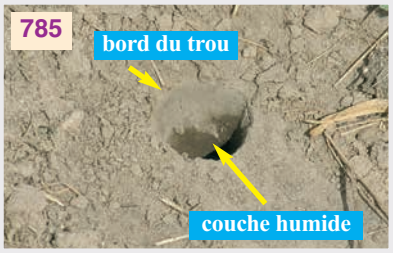
Inversement, le labour **limite la remontée capillaire** de l'eau à partir des couches profondes.

Il se peut que le labour **facilite l'érosion**. Le splash des gouttes de pluie détache plus facilement les grains d'un sol labouré que ceux de sols compactés. L'eau de ruissellement emporte plus facilement les particules d'un sol ameubli que celles d'un sol compact. Le labour doit donc être réalisé en tenant compte des risques de ruissellement qu'il pourrait provoquer.

Le changement dans l'humidité du sol, résultant des labours, a une **incidence sur la vie des êtres du sol**. La **minéralisation** des matières organiques telles que compost, fumier, matières végétales, **peut être accélérée** puisque les micro-organismes du sol sont activés par une présence d'air accrue.

Le labour ainsi que le sous-solage de **terres hydromorphes** (noyées fréquemment ou en permanence) permettent d'y introduire de l'air. La vie de la terre noyée se déroulait sans air (anaérobie). Lorsque l'air pénètre dans le sol, des organismes aérobies (vivant avec de l'air) se mettent à proliférer. La composition et la structure du sol sont alors transformées. On constate cela dans les bas-fonds tourbeux qu'on draine et qu'on met en culture. L'eau ne soutient plus les matières tourbeuses. Celles-ci sont minéralisées par des micro-organismes aérobies. La structure de la tourbe est transformée et le **sol s'effondre**.

Rappelons-nous le tableau **318** qui montrait les différents mouvements de l'eau de pluie. Quand on laboure une terre, il est nécessaire de se poser des questions concernant les effets du labour sur chacun de ces mouvements.





En haut, trou de plantation de 25 cm. En bas, les pieds de sorgho sont sortis. Leurs collets sont situés à plus de 25 cm de profondeur.



Planches de culture arrosées



La présence des pailles dans les sillons favorisera l'infiltration rapide de l'eau des premières pluies dans le sol.

- La terre **doit-elle obligatoirement être labourée** en profondeur **de façon continue**? Est-il mieux d'éviter la continuité du labour et de travailler le sol **de façon discontinue** (poquets ou fossettes)?
- Quelle est la **forme de labour la plus adaptée aux conditions d'humidité** du sol et à l'espèce plantée? Labour à plat, en buttes, en billons, en planches, en poquets?
- Cherche-t-on **à garder l'eau** de son champ, **ou à la drainer**? Cela détermine et la profondeur du labour, et son orientation par rapport à la pente du terrain.
- **Comment compenser** les éventuelles conséquences négatives des labours par des techniques de fertilisation ou de lutte contre le ruissellement?

Le sous-solage

Le **SOUS-SOLAGE** est une technique qui consiste à briser des couches de terre situées dans le sous-sol, en dessous de la couche de terre arable. Il se fait au moyen de **sous-soleuses** constituées de lames et de socs (**789**). Ces lames, tirées par un puissant tracteur, s'enfoncent jusqu'à 70 ou 100 cm de profondeur. Elles brisent le sous-sol et y creusent des galeries.

Les **effets du sous-solage** sont les suivants:

▲ l'**air** peut pénétrer en profondeur dans le sol,

▲ l'**eau excédentaire** se trouvant dans la parcelle sous-solée s'écoule plus facilement verticalement ou horizontalement et peut être amenée vers des canalisations de drainage,

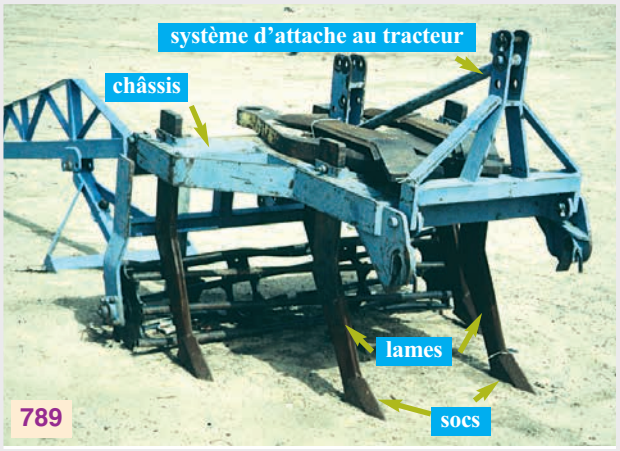
▲ les couches dures ou caillouteuses sont brisées, ce qui permet aux **racines** de s'allonger plus facilement dans le sous-sol, au-delà de la couche arable.

Il est **exclu** de pratiquer le sous-solage:

▼ dans les **sols superficiels** peu profonds, posés sur des roches,

▼ dans les **sols instables** qui risquent d'être érodés,

▼ dans les **exploitations qui ne disposent pas des finances** nécessaires pour faire intervenir les tracteurs très puissants qui sont nécessaires pour faire fonctionner la sous-soleuse.



Sous-soleuse

Notes

Les outils de labours

Outils manuels

Chaque peuple a développé ses outils manuels de labour, en fonction de ce qui convenait pour ses modes de culture et pour les types de sols à exploiter. Ces outils se distinguent:

✔ par la forme et le poids de leurs **lames**. Celles-ci sont forgées ou coulées en fonte;

✔ par la forme et le poids de leurs **manches**. Ils sont fabriqués traditionnellement avec le bois d'espèces d'arbres déterminées pour leur résistance. Les lames sont poussées ou tirées;

✔ par l'**agencement** de la lame et du manche;

✔ par la **position du corps**. Lors de l'usage de l'outil, le corps de l'utilisateur est courbé vers le sol ou dressé.

Chaque outil est caractérisé selon son **action sur le sol**: il coupe, il brise, il rassemble, il déplace latéralement, il rebondit. La photo **791** présente quelques outils utilisés pour les grandes cultures ou pour les maraîchages.

Les modèles d'outils manuels sont parfois très étudiés en fonction des travaux à exécuter. L'outil recourbé que nous avons vu sur la photo **761** est conçu pour le labour en butte de sols sableux. Pour son utilisation, le corps du cultivateur est courbé. Ce sont les bras qui exercent la force. L'iler que nous avons vue à la photo **25** est un outil que l'on pousse devant soi pour sarcler les cultures dans les sols légers du Sénégal. C'est le corps dressé, tout entier, qui applique la force à l'outil. Plus encore pour le kayendo que nous avons vu à la photo **766**, la force à exercer sur cet outil par tout le corps et les jambes est très importante. Certains outils sont conçus pour rebondir sur le sol (**791 a**). Les outils fabriqués par des artisans ont souvent la cote puisqu'ils peuvent être choisis par chaque personne pour leur forme, leur poids, leur longueur.

Deux façons d'emmancher les outils, en Afrique de l'Ouest: manche replié, ou manche enflé.





0utils manuels de labour et d'entretien, à manches longs et courts.

Outils de traction animale

Les outils tractés sont conçus pour plusieurs fonctions:

- ils peuvent simplement **ouvrir la terre** en vue de l'aérer, de favoriser l'infiltration de l'eau et d'ameublir le sol pour y semer des graines. Ce sont les charrues **ARAIRES**;
- ils peuvent ouvrir la terre dans le même but, mais aussi la **retourner**. Ce sont les **CHARRUES À SOC**;
- ils peuvent extirper les racines et les rhizomes hors du sol. Ce sont les **EXTIRPATEURS**;
- le **CULTIVATEUR** est un outil comprenant généralement trois dents réglables agissant de façon assez superficielle. Il ouvre la terre et extirpe les racines peu profondes. En réglant les lames, il peut aussi servir pour le sarclage;
- ils peuvent repousser la terre latéralement, pour l'amener plus près des lignes de culture. Ce sont les **BUTTEUSES**;
- les **SARCLEUSES** sont des outils à lames qui permettent d'effectuer le sarclage entre les lignes de culture.

L'araire

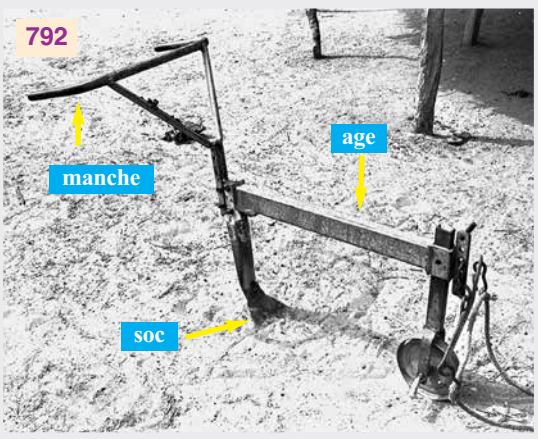
La charrue **araire** est un instrument très ancien. Elle se compose d'un **SOC en bois ou en fer**, monté sur un **age** (levier) muni de poignées permettant de la guider. Le soc est la pointe métallique qui pénètre dans le sol lorsque l'outil progresse. L'araire est tirée par un cheval, un mulet, un bœuf, un chameau. L'araire creuse des sillons, mais elle ne renverse pas le sol, ni ne le retourne.

Les araires traditionnelles étaient fabriquées en bois, éventuellement armé d'une pièce métallique en guise de soc. Elles ont tendance à disparaître. On trouve plutôt des araires métalliques dénomées "cultivateurs".

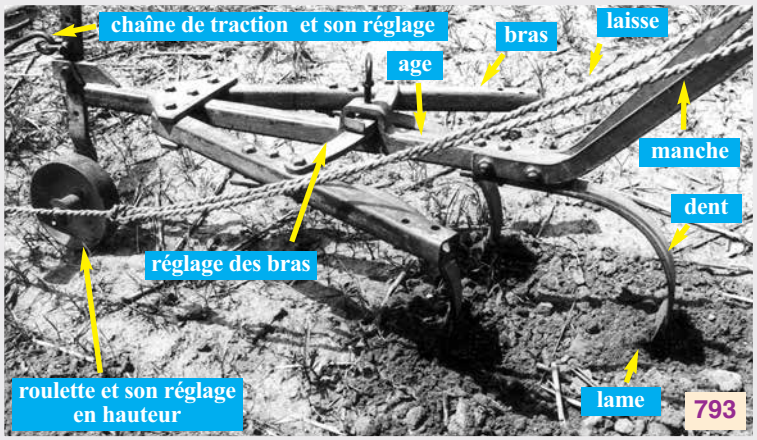
Le cultivateur

Les instruments aratoires que nous voyons ci-dessous sont des **cultivateurs** (**792** et **793**).

Le premier est composé d'une seule lame montée sur un age. Il convient à la traction asine. Le second est composé d'un châssis métallique comprenant un axe et deux bras, une roulette, un manche et trois dents recourbées. Celles-ci s'enfoncent dans le sol lorsque



Charrue araire



Cultivateur à trois dents

l'animal tire. Il est possible de **régler la distance entre les dents** en positionnant les deux bras selon l'écartement souhaité pour les lignes de culture. La **profondeur d'action des dents** est déterminée en réglant la hauteur de la roulette ou la position de la chaîne de traction. La traction de cet instrument exige un bœuf ou un cheval, plutôt qu'un âne.

Le cultivateur est intéressant pour travailler des sols légers à faible profondeur. Les dents font éclater le sol en surface et arrachent les herbes dont l'enracinement est superficiel. Celles-ci sont déposées sur le sol plutôt que d'y être enfouies comme c'est le cas avec une charrue à versoir.

Charrue à soc versoir

Le soc simple ne fait que remuer la terre et l'ameublir, sans recouvrir les herbes. Le soc à versoir retourne les mottes de terre et enfouit plus ou moins profondément les herbes et le fumier (**794**).

Charrue butteuse

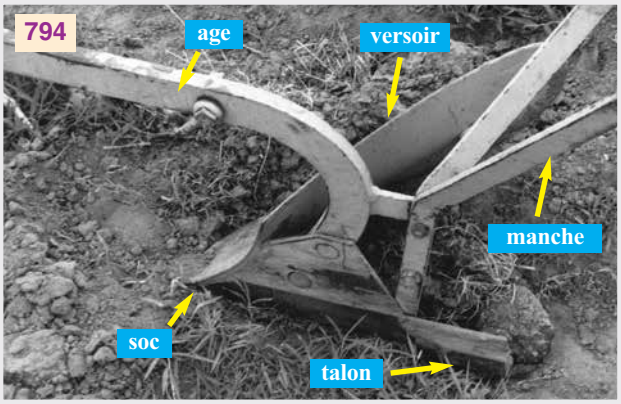
La charrue butteuse gratte le sol et le déverse sur ses flancs, le long des lignes de culture (**795**). Elle comporte un soc et deux versoirs latéraux. La hauteur des buttes dépend de la profondeur de pénétration du soc dans la semelle du champ ainsi que de l'énergie développée par l'animal de traction.

Outils motorisés

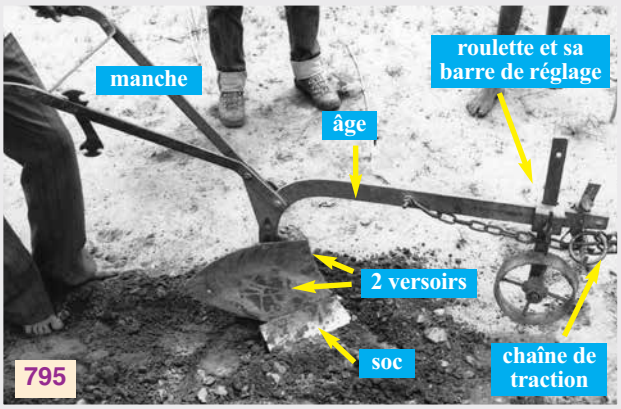
Il existe toute une gamme d'engins et d'outils motorisés permettant de travailler la terre. Certains sont adaptés aux possibilités des exploitations familiales, d'autres le sont moins. Le tableau **801** relève quelques-unes des machines existant sur les marchés de la mécanisation. Pour une information complète sur le sujet, on consultera l'ouvrage de Dominique Soltner: *"Les bases de la production végétale", tome 1, le sol, section III.*

De façon générale, les machines les plus adaptées aux exploitations familiales africaines sont actionnées par des **MOTOCULTEURS** comprenant deux ou quatre roues.

Voici, dans un bas-fond de Gambie, l'exemple d'un motoculteur à deux roues muni d'un **ROTAVATOR** (**797**). Deux mouvements sont impulsés indépendamment l'un de l'autre. L'embrayage des roues fait progresser l'engin. Un autre embrayage actionne les lames recourbées qui découpent et mélangent la terre sur une profondeur de 15 à 20 centimètres. Après le passage du rotavator, la terre est ameublie, mais les herbes sont peu ou mal enfouies.



Charrue à versoir

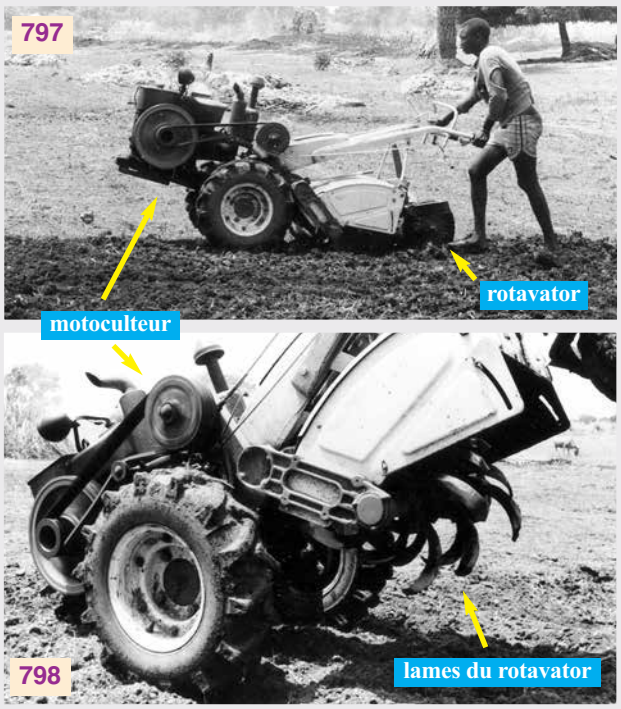


Charrue butteuse

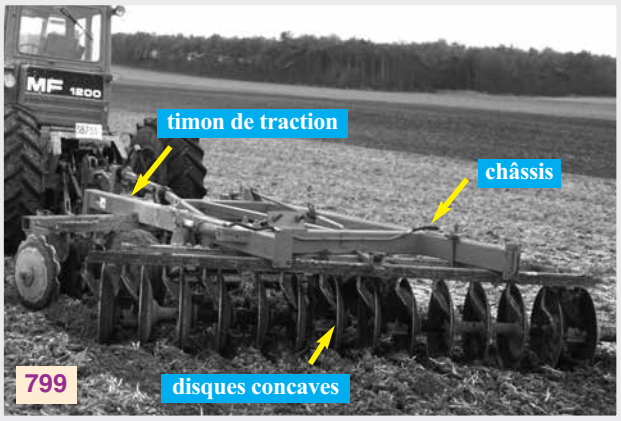
Certains instruments aratoires sont simplement tirés par le motoculteur ou le tracteur. Ce sont des charrues avec ou sans versoirs, des butteuses, des extirpateurs (**800**) comparables à ceux qu'on utilise en traction animale. Mais les modèles doivent être conçus pour résister à la traction mécanique. Lorsqu'on dispose de tracteurs très puissants, on peut utiliser des outils plus grands et plus lourds. Les charrues peuvent être composées de plusieurs disques (**799**) ou socs versoirs (**796**).



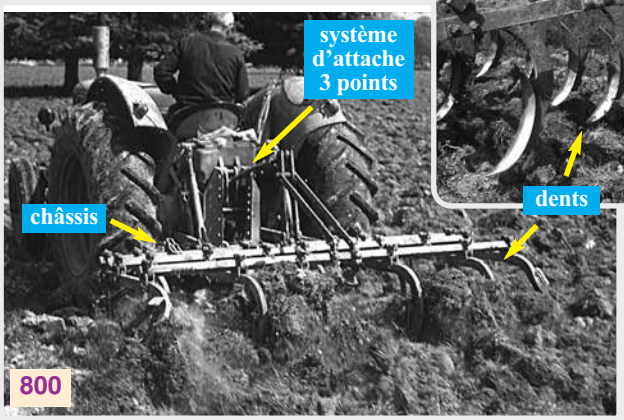
Charrue réversible à 4 socs versoirs.



Motoculteur actionnant un rotavator



Charrue motorisée à disques



Extirpateur à dents porté par un système d'attache 3 points

Questions sur la mécanisation des labours

Quand elle est possible sur le plan économique, la mécanisation des labours est intéressante pour l'agriculteur puisqu'elle facilite grandement les travaux saisonniers de mise en culture. Si la mécanisation peut être un objectif de l'exploitation familiale, il est nécessaire d'en connaître précisément les avantages et les risques.

Avantages de la mécanisation des labours

- la mécanisation des labours permet l'**extension des superficies** cultivées, tout **en diminuant la quantité de main-d'œuvre nécessaire** par are ou par hectare;
- elle permet l'**approfondissement** de la couche arable à une **profondeur** que le labour manuel n'atteindrait pas. Les plantes trouvent donc plus de facilités pour enfoncer leurs racines dans le sol. Elles ont accès à une plus grande quantité de minéraux nutritifs;
- un labour mécanique profond **améliore la pénétration de l'eau et de l'air** dans le sol;
- en aérant le sol plus profondément, il **active les processus biologiques de minéralisation** des matières organiques;
- la mécanisation par traction animale, bovine en particulier, comporte des **avantages pour le développement de l'élevage**. Les bœufs de traction sont souvent mieux nourris et plus forts que les animaux se limitant aux pâtures traditionnelles.

Les risques de la mécanisation des labours

Risques agricoles

Les risques agricoles les plus importants sont liés à l'évolution de la **fertilité** des sols et aux dangers de l'**érosion**:

- les exigences de la mécanisation amènent souvent une **diminution de la biodiversité** dans les champs: **destruction des arbres** pour le passage des engins, **disparition des pratiques d'associations culturales**, etc.
- la **structure des sols** tropicaux est **fragile** et résiste mal à des traitements mécaniques trop vigoureux, si des mesures ne sont pas prises pour **reconstituer constamment cette structure**, par exemple en produisant de la fertilité organique et de l'humus;

801 Outils de labour motorisés

Les **types d'engins:**

- ✓ charrue araire
- ✓ scarificateur
- ✓ charrue à versoir
- ✓ charrue à disques
- ✓ charrue rotative
- ✓ sous-soleuse
- ✓ extirpateur
- ✓ cultivateur
- ✓ déchaumeur
- ✓ chisel
- ✓ herse
- ✓ pulvérisateur

Les **résultats** recherchés sont:

- ➤ **fendre** le sol superficiellement ou en profondeur,
- ➤ **retourner** la terre,
- ➤ **enfouir** les herbes,
- ➤ **extirper** les rhizomes et les touffes d'herbes,
- ➤ **affiner** la structure de la couche superficielle du sol.

La **progression** des outils se fait de trois façons:

- ❑ ils sont **traînés** derrière le tracteur;
- ❑ ils sont **portés** à l'arrière du tracteur par un système dit "trois points" qui permet de soulever ou d'abaisser l'outil lors des manœuvres;
- ❑ ils sont **actionnés par un axe rotatif embrayé sur le moteur** (prise de force).

- ❍ les accroissements de rendement immédiatement liés à la mécanisation des labours sont parfois suivis d'une **diminution de la fertilité à long terme**. Il n'est pas rare que des sols soient stérilisés par l'action de labours mécaniques effectués sans précautions;
- ❍ l'exploitation par les racines des plantes cultivées d'un sol ouvert et aéré en profondeur par un labour mécanique est beaucoup plus intense que celle d'un sol moins ouvert. L'**exportation de minéraux**, en particulier d'**oligo-éléments**, est accrue. Au bout de quelques saisons, des carences en oligo-éléments peuvent se manifester et devenir un **facteur limitant** les rendements;
- ❍ les labours mécaniques accélèrent souvent la **latérisation** des terres, s'ils ne sont pas accompagnés de luttes contre l'érosion;
- ❍ le passage régulier des roues d'engins trop lourds dans les champs peut provoquer la formation de **semelles de labour compactées**, imperméables au passage de l'eau et gênant le développement des racines;
- ❍ les labours mécaniques sont **déconseillés sur les sols peu profonds** établis sur des terres dont le relief est marqué, car ils les détruisent et ouvrent la porte à l'érosion hydrique.

Risques économiques et sociaux

La mécanisation des labours comporte des risques à caractères économique et social:

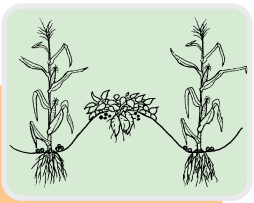
- ❒ pour les exploitations familiales, la mécanisation est souvent **exigeante sur le plan financier**, tant en investissements qu'en frais de fonctionnement;
- ❒ on constate le développement de **travaux "à façon"** par des détenteurs d'équipements. Ceux-ci n'ont pas les mêmes exigences que les cultivateurs eux-mêmes quant à la **qualité du travail réalisé**, la protection des éléments pérennes dans les champs, etc.;
- ❒ le développement de la mécanisation peut entraîner des **problèmes fonciers**. Les propriétaires terriens disposant d'équipements mécaniques ont parfois tendance à refouler les usagers traditionnels hors de leurs terres, afin de les cultiver eux-mêmes. Les anciens usagers, qui exploitaient à leur compte, deviennent parfois des paysans sans terres travaillant pour le compte d'autrui;
- ❒ les charrues mécaniques sont **difficiles d'utilisation dans les terres divisées en micro-parcelles**.

Conclusion

Relevons quelques points de conclusion:

- ■ toute mécanisation doit être accompagnée d'une **politique de fertilisation assurant la qualité des terres de façon durable**;
- ■ des **efforts de protection des terres et de lutte contre les érosions** sont indispensables puisque la mécanisation rend souvent les terres plus fragiles et sensibles à l'érosion;
- ■ de **nouvelles formes de mécanisation** plus conformes aux méthodes de cultures polyvalentes et multiétagées doivent être recherchées.

Quelles sont les différentes méthodes de travail de la terre observables dans nos terroirs? Quelle est leur efficacité? Les outils utilisés sont-ils manuels ou mécanisés? Ces outils sont-ils adaptés aux besoins familiaux et aux finances des exploitations? Quelles sont les améliorations intéressantes et possibles dans l'exploitation? Les niveaux de fertilité et les risques d'érosion ou de destruction de l'environnement sont-ils pris en compte dans les pratiques de labour?



Chapitre 34
Les dispositifs de culture

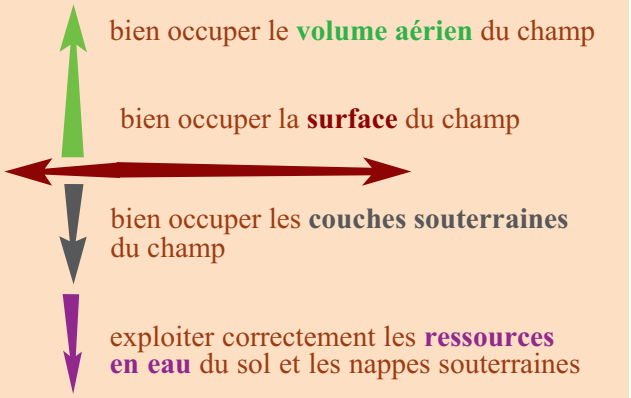
On parle de **DISPOSITIF** de plantation pour caractériser la façon dont le cultivateur organise les plantes dans l'espace de ses parcelles cultivées. Les champs et les vergers sont construits selon des dispositifs qui **tiennent compte** entre autres:

- ⇨ de **l'extension** en largeur et en profondeur **de l'assiette racinaire** des plantes se trouvant dans le champ, lorsqu'elles ont atteint leur plein développement,
- ⇨ de la **morphologie** des plantes, en particulier de l'**extension en largeur et en hauteur** des organes aériens: tiges, rameaux, feuillage,
- ⇨ des **besoins des plantes** au cours des phases successives de leurs cycles végétatifs,
- ⇨ des **concurrences**, des **complémentarités** et des éventuelles **synergies** entre les espèces en présence dans le champ,
- ⇨ du **mode d'exploitation** de la terre: culture pure, complantation, cultures dérobées, agriculture multiétagée,
- ⇨ des exigences du **travail agricole**: il faut que les cultivateurs puissent se déplacer aisément lors des travaux d'entretien, de récoltes, de traitements sanitaires, etc.,
- ⇨ du **relief** plus ou moins plane ou pentu des parcelles,
- ⇨ des **risques d'érosion** par la battance des pluies et le ruissellement, ainsi que des besoins de la lutte antiérosive,
- ⇨ de l'**organisation des arrosages** ou de l'irrigation,
- ⇨ des **risques d'inondations** et des **besoins du drainage**,
- ⇨ de l'**histoire du champ** et de la présence d'**éléments pérennes** comme des arbres disséminés ou alignés et des haies.

Les meilleurs dispositifs pour les exploitations familiales sous les climats tropicaux sont ceux qui **s'adaptent et se modulent** en respectant l'écologie et la biodiversité des terroirs ainsi que les besoins de l'économie familiale.

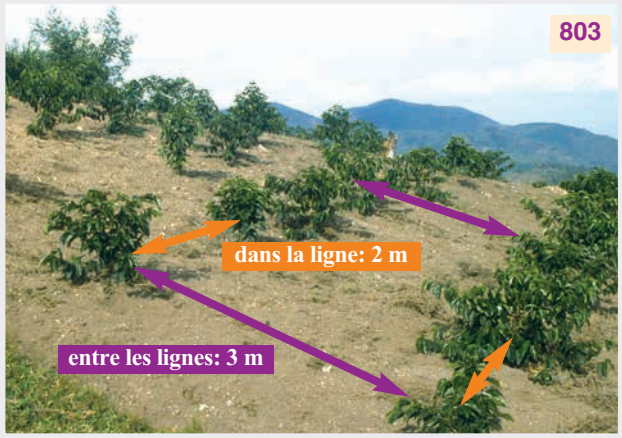
La figure 802 indique quatre aspects intervenant pour fixer un dispositif de plantation dans les espaces aérien et souterrain.

802 Exploiter tout l'espace du champ



Écartements

On parle d'**ÉCARTEMENT** pour indiquer la distance qui doit séparer deux plants pour qu'ils ne se gênent pas mutuellement au cours de leur développement. Plus les écartements sont grands, moins la densité de plantation est importante, et donc le nombre de pieds par unité de surface.



Écartements entre et dans les lignes de caféiers

804



Marquage des écartements en vue du repiquage de laitues

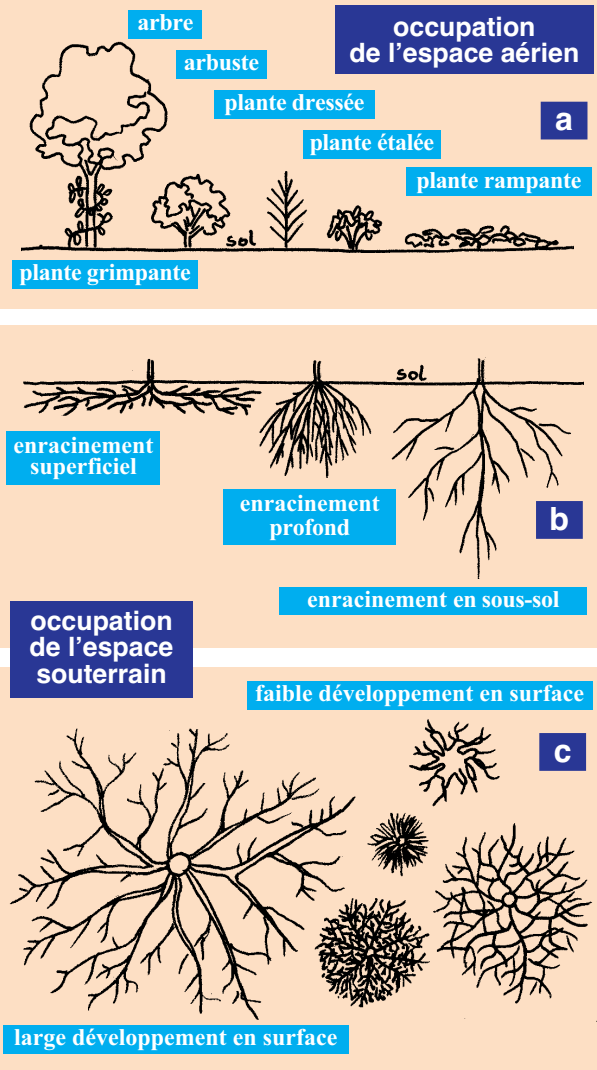
La photo **804** montre comment ont été marqués sur le sol les écartements entre les plants de laitue que des femmes sont en train de repiquer. La figure **805** suggère les éléments morphologiques intervenant pour le choix des dispositifs.

Lorsqu'on sème en lignes, on tient compte de deux types d'écartements:

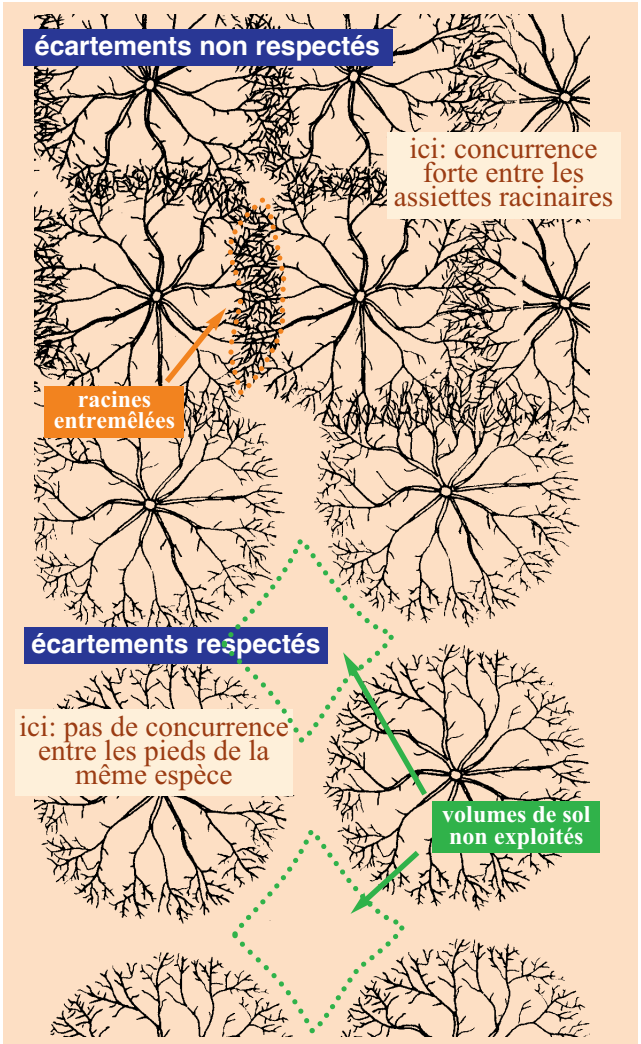
- ✔ l'écartement **entre les lignes**,
- ✔ l'écartement entre les pieds poussant **dans la même ligne**.

Souvent, l'écartement dans les lignes est plus court que l'écartement entre les lignes. Ces deux éléments sont visibles sur la photo **803**. Entre les lignes de caféiers, on constate un écartement de 3 mètres, alors qu'il n'est que de 2 mètres entre les pieds, dans les lignes. Cette disposition facilite le passage des travailleurs lors des entretiens et des récoltes.

805 Occupation de l'espace des champs



806 Éviter la concurrence racinaire entre les arbres

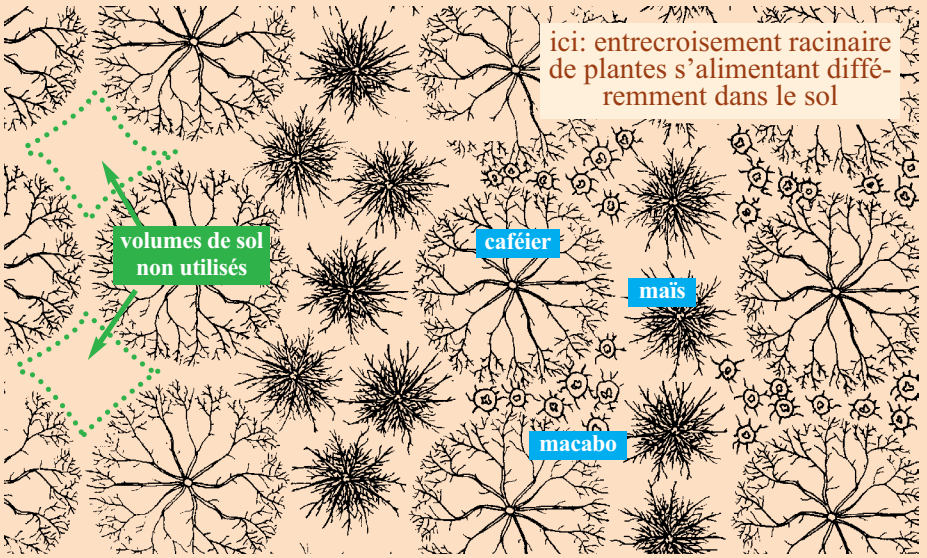


En haut de la figure **806**, sont représentées lesassiettes racinaires de caféiers plantés densément. Les petites racines et les poils racinaires se mélangent. Ils se disputent la nourriture à l'endroit où ils se rencontrent. Or, au cours d'une période donnée, tous les arbres d'une même espèce ont les mêmes besoins en eau et en minéraux. La concurrence est maximale et tous les arbres en souffrent.

En bas de la figure, on voit que les arbres sont plantés de façon à ce que leurs assiettes racinaires ne se touchent pas lorsqu'ils sont adultes. Chaque pied exploite le sol qu'il occupe, mais le **volume de sol** arable globalement disponible dans la parcelle **n'est pas utilisé au mieux** de sa capacité.

Certains planteurs vont juxtaposer leurs arbres au plus serré, sans toutefois que les assiettes racinaires ne se rencontrent à l'âge adulte. D'autres vont les écarter afin d'**utiliser les espaces laissés libres** et de **diversifier l'exploitation** de la terre arable sur la parcelle (**807**).

807 *Occupation du sol par le caféier, le maïs et le macabo*



Les illustrations **808** et **809** montrent que les **dispositifs** de plantation sont **à mettre au point en fonction des objectifs** de l'exploitation:

- ❑ **culture pure** intensive,
- ❑ **biodiversification** de la production,
- ❑ **utilisation maximale des superficies** et des volumes de terre.

Les décisions d'écartements **dans les plantations** sont à prendre avec une **perspective à long terme**: les arbres resteront sur le terrain durant plusieurs décennies, mais les plantes saisonnières ou plurisaisonnières de l'étage inférieur varieront au gré des saisons agricoles.

808 *Prévoir les écartements en vue de cultures intercalaires*

dispositif dense



Si les arbres sont trop serrés, les plantes de l'étage inférieur se développent mal, faute de lumière et à cause de la concurrence racinaire.

dispositif large



Si l'écartement entre les arbres est bien choisi, des cultures intercalaires sont possibles entre les lignes, sans gêner les caféiers. Cette disposition permet d'obtenir un rendement polyvalent sur la parcelle.



Plantation de caféiers en lignes distantes. Des cultures intercalaires sont possibles. Ici, l'arachide.

Disposer les racines dans l'espace du champ

Considérons les enracinements dans l'ensemble de leur volume, lorsque les pieds ont atteint leur plein développement en **largeur** et en **profondeur** (**805 b** et **c**)

Dans la largeur

Plusieurs éléments sont à prendre en compte:

- Le **diamètre des assiettes racinaires** lorsque la plante a atteint son **plein développement**. On évite que les racines d'une même espèce ou d'espèces très concurrentes ne s'entrecroisent aux périodes cruciales des cycles végétatifs.
- Le **modelage du sol** en buttes, billons, fosses, etc. canalise le développement des assiettes racinaires. Le dispositif dépend donc du modelage du sol mis en œuvre par le cultivateur (**811**).
- Lorsque deux ou plusieurs espèces sont **peu ou pas concurrentes**, on peut tenter de **les serrer**. Cela se fait par exemple lorsque les phases exigeantes en eau ou en minéraux des espèces associées sont décalées l'une par rapport à l'autre, ou que les couches de sol exploitées sont différentes.





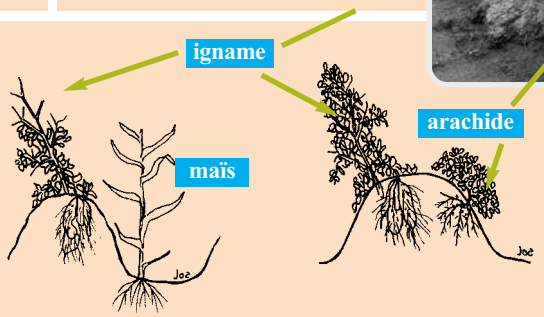
810

Dispositif de semis du sorgho et du niébé tenant compte du potentiel symbiotique de l'association. Les poquets contiennent chacun des graines de céréales et des graines de niébé.

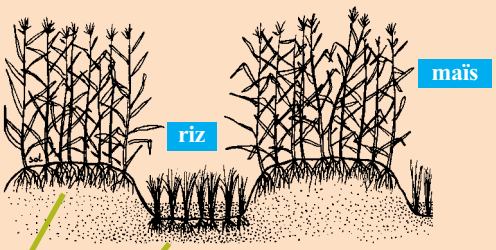
- Le dispositif tient aussi compte des éventuelles **synergies racinaires**. On le voit par exemple sur la photo **810** où le sorgho et le haricot niébé sont semés dans le même poquet. Dès que le niébé commence à développer ses racines, des nodosités symbiotiques apparaissent. Elles sont exploitées par les jeunes racines du sorgho. L'existence de cette symbiose amène à concevoir un dispositif de semis valorisant cette capacité symbiotique, comme le montre la photo.



811 Occupation des buttes



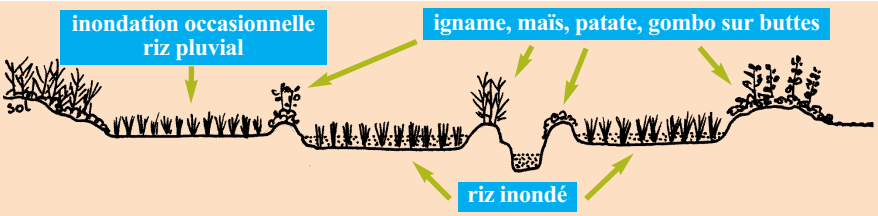
L'igname est plantée au sommet. A droite, une variété étalée d'arachide occupe le flanc de la butte. A gauche, le maïs occupe la semelle.





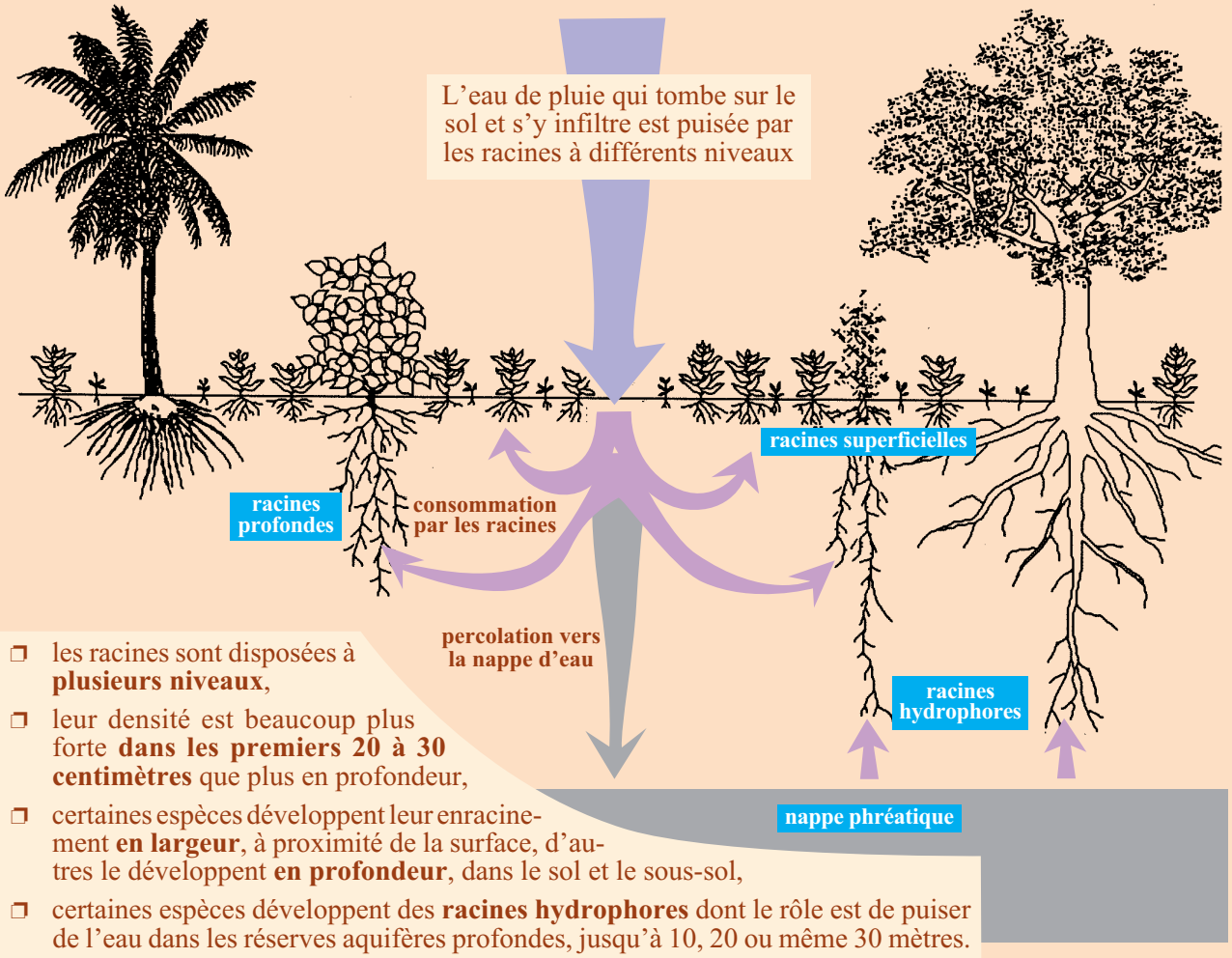
Le maïs occupe le sommet des buttes, dont le sol est drainé. Les sillons sont inondés lors des pluies. Ils sont occupés par une variété de riz qui supporte d'avoir les pieds dans l'eau.

812 Occupation différenciée des différents niveaux de sol



Dans les plaines inondables, chaque niveau de terre peut être occupé à sa façon.

813 *Organiser les enracinements pour puiser au mieux l'eau du sol*



- les racines sont disposées à **plusieurs niveaux**,
- leur densité est beaucoup plus forte **dans les premiers 20 à 30 centimètres** que plus en profondeur,
- certaines espèces développent leur enracinement **en largeur**, à proximité de la surface, d'autres le développent **en profondeur**, dans le sol et le sous-sol,
- certaines espèces développent des **racines hydrophores** dont le rôle est de puiser de l'eau dans les réserves aquifères profondes, jusqu'à 10, 20 ou même 30 mètres.

Au plus les étages racinaires sont répartis dans l'espace souterrain, en largeur et en profondeur, au mieux est exploitée l'eau qui s'est infiltrée dans le sol.

Dans la profondeur du sol

Nous avons vu dans les chapitres précédents les différentes formes de labour: à plat, en billons, en buttes, en fosses. Ces pratiques de modelage du sol permettent de faire croître les racines à différents niveaux. Le dispositif peut avoir des **objectifs** fonctionnels:

- **valoriser au mieux les ressources** en eau et en minéraux disponibles respectivement dans les couches superficielles et profondes du sol, sans toutefois que les plantes ne se gênent mutuellement;
- **exploiter différents niveaux**: sommet des buttes et des billons, ou leurs flancs, semelle humide ou inondable, poquets approfondis, etc. (**811**, **812**).
- **transformer les différentes couches du sol**: transformation physique (structure), chimique, biologique (vie du sol), hydrique, etc.
- **utiliser au mieux les resssources en eau** qui tombent sur la parcelle, qui s'infiltrent et traversent le sol et qui s'y accumulent (**813**).

Disposer les organes aériens dans le volume du champ

Si elles se développent sans accidents, les espèces végétales ont chacune leur **PORT** naturel: dressé, étalé, rampant, arbustif, arborescent, large, étroit, etc. (**824**). Ce port est souvent modifié par l'homme, lors des coupes qu'il fait sur la plante ou l'arbre, par des ravageurs qui les attaquent, par la foudre ou le feu. Les dispositifs de semis ou de plantation tiennent compte du port des plantes et des arbres présents dans la parcelle, ainsi que du diamètre de leurs assiettes racinai-

814 Quelques dispositifs de culture dans les grands champs

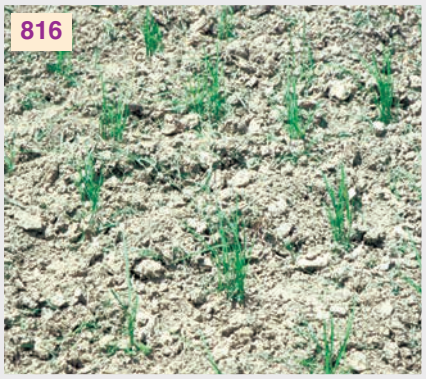
815



Culture de la pomme de terre sur billons en lignes

Dispositif au hasard

816

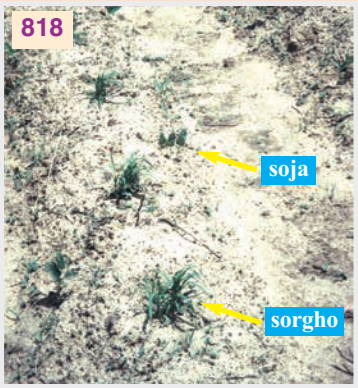


817



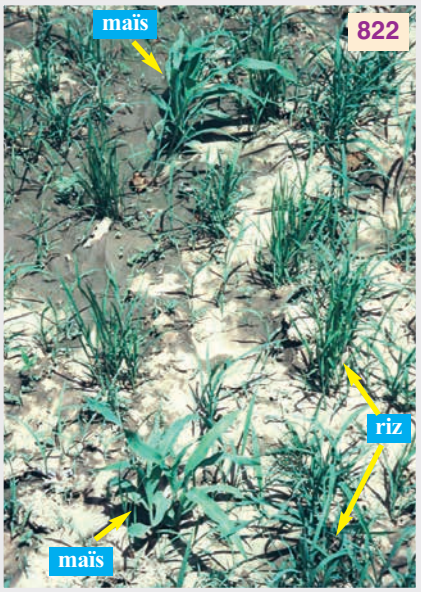
Dispositif à plat, en lignes

818



Poquets de sorgho au sommet des billons, soja à leur base

822



Riz et maïs semés à vue, dans un bas-fond inondable de façon non permanente

823



Buttes en lignes et sillons cloisonnés. Arbres disséminés, gombo dressé et arachides sur les billons

819



Dispositif s'établissant au hasard du développement des bananiers, du taro et de légumes

820



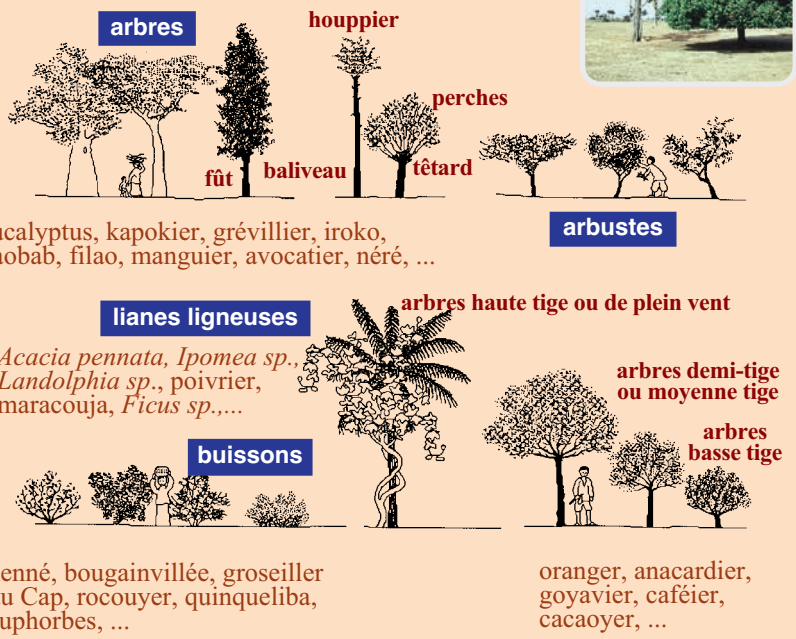
Buttes établies manuellement

821



Plantation d'ananas établie en lignes doubles. Deux rangs serrés séparés par une bande large

824 Ports des arbres et des arbustes





Complantation ou culture pure?

La photo **826** montre un champ de maïs établi à très forte densité (écartements faibles). Le sol y est exploité de façon exclusive et il n'y a pas de place pour d'autres espèces dans un étage de culture inférieur. Le champ de la photo **827**, par contre, est établi autrement. Les lignes de maïs sont distantes, ce qui permet à la patate douce de s'intercaler.

Le choix de l'un ou l'autre dispositif dépend de **plusieurs objectifs d'exploitation**:

- ⇨ **la simplification ou la diversification** de la production recherchée par la famille pour l'autosuffisance familiale ou le commerce;
- ⇨ les **risques** de l'exploitation;
- ⇨ l'**étalement des travaux** culturaux.

En culture associée, il est possible de mettre en présence des espèces dont les enracinements sont très différents (**813**). La biomasse aérienne est souvent supérieure en culture associée à celle qui se forme en culture pure. Le recyclage des ressources en eau du sol est alors plus important dans l'association.

res. Certaines espèces ne sont pas gênées par l'entrecroisement des organes aériens, d'autres le sont. Les ombrophiles apprécient d'étaler leur feuillage à l'ombre d'autres espèces, les héliophiles s'étalent ou s'élèvent pour trouver plus de lumière.

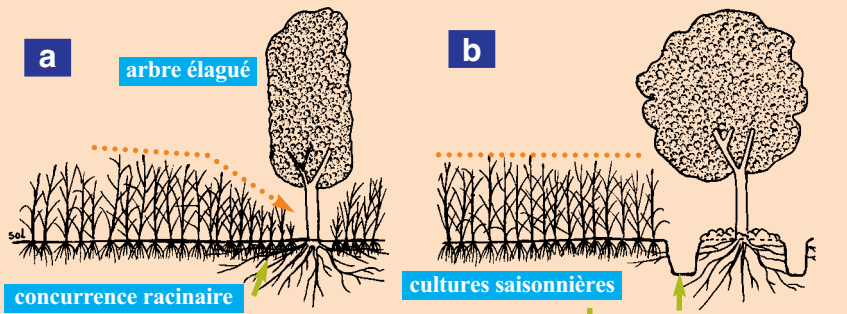
Les dispositifs de plantation peuvent être modulés dans l'espace aérien par des **tailles** adéquates destinées à **limiter le volume des organes** aériens ou souterrains. Lorsque c'est utile ou nécessaire, on peut pratiquer des **TAILLES RACINAIRES** qui limitent l'extension des racines superficielles (**825**).

Le dispositif tient aussi compte des **travaux agricoles** de taille, d'entretien et de récolte des plantes saisonnières et des arbres. Il faut que les travailleurs ou les engins puissent passer entre les plants.

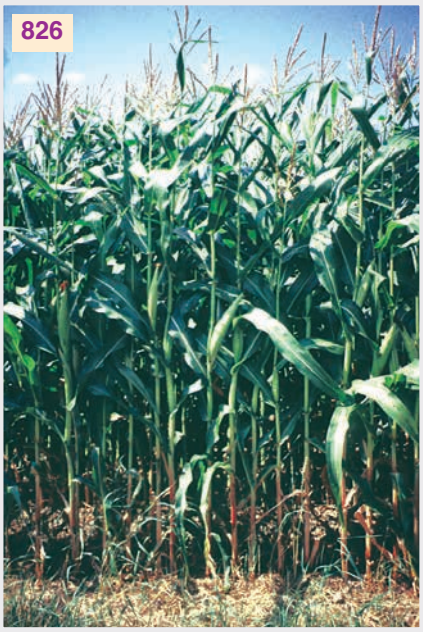
Les dispositifs prennent en compte la **pénétration de la lumière** et de l'**eau des pluies** au cœur du champ. A chaque étage, les espèces doivent en disposer en temps voulu.

Notes

825 Tailles aérienne et racinaire



A gauche, taille d'élagage pour faciliter la pénétration de la lumière au niveau des céréales. A droite, les racines superficielles des eucalyptus ont été coupées par le creusage d'un fossé. Les racines des arbres s'enfoncent et ne peuvent concurrencer celles des cultures saisonnières.


826


827

A gauche, le sol est exploité exclusivement par le maïs disposé en forte densité. A droite, les lignes de maïs ont été écartées, ce qui a permis l'établissement de la patate douce dans l'étage inférieur.

Le **choix des dispositifs** tient compte des éléments suivants:

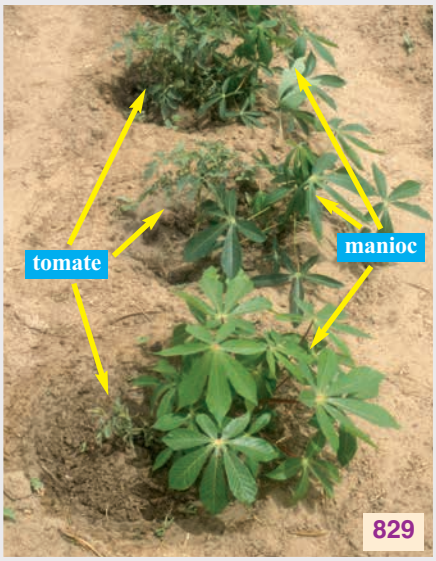
- la **richesse du sol** en **eau** et en **minéraux**. L'assiette racinaire d'un plant établi sur une terre sèche sera probablement plus large que celle d'un autre plant de la même espèce poussant dans un milieu plus humide et plus fertile. Cela veut dire que si on fertilise les plantes en épandage généralisé, sur les lignes ou individuellement, on peut modifier le choix des écartements en conséquence;
- les **pratiques agricoles** et les divers travaux qui doivent être réalisés dans les parcelles. Les écartements sont par exemple plus larges lorsqu'on pratique le buttage que si on réalise le labour à plat. Ils doivent aussi tenir compte du passage des engins mécaniques;
- les possibilités de **contrôler la végétation des arbres** en les élaguant au cas où ils occuperaient trop de place;
- les **pratiques d'irrigation**. Il faut laisser la place pour les canaux d'irrigation. On tient aussi compte du fait que les assiettes racinaires risquent de s'élargir en surface et en profondeur grâce à l'eau distribuée.

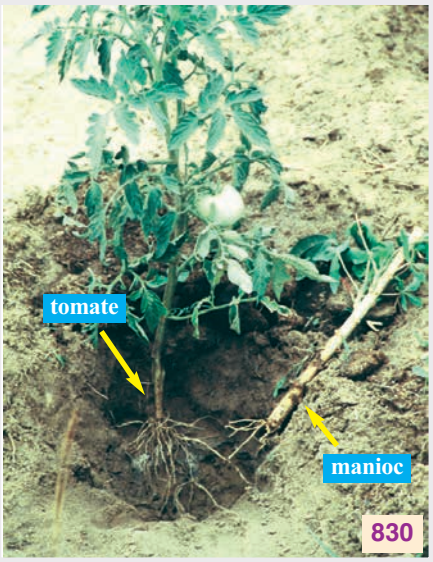
Associer les espèces pour des raisons sanitaires ou écologiques

Les complantations sont souvent intéressantes pour des raisons sanitaires. Certaines espèces peuvent en préserver d'autres contre leurs ennemis.



A gauche, la bouture de manioc est rongée par les termites. Au centre, dans la même parcelle, la bouture est associée à la tomate, elle n'est pas attaquée. A droite, les racines imbriquées des deux espèces.





En Afrique de l'Ouest, on sème parfois dans les mêmes poquets des graines de mil et de sésame. Ce dernier semble préserver les racines du mil des attaques du striga.

Ailleurs, le chou et la carotte sont semés ensemble dans des planches légumières. Le maraîcher estime que l'odeur de la carotte chasse les insectes qui, habituellement, attaquent les choux.

Les photos **828** à **830** présentent un cas d'association du manioc et de la tomate dans un milieu où les termites détruisent les jeunes boutures de manioc. Les racines des deux espèces sont intimement mêlées dans les poquets. Le tomatier protège la bouture de manioc jusqu'à son installation complète, car ses racines repoussent les termites. Le plant de tomate terminera son cycle végétatif après que la bouture de manioc se soit bien installée.

Sur les photos **831** et **832**, on voit aussi les effets de la présence du guiera sur la santé des jeunes manguiers. Les deux enracinements sont mélangés dans le sol sans que cela ne gêne la pousse de manguier, alors qu'en dehors de la présence protectrice du guiera, un plant voisin se meurt. L'explication de la meilleure santé du pied associé au guiera ne se trouve pas seulement dans le mélange des racines. Elle est aussi le fait d'une meilleure ambiance microclimatique dans l'espace aérien autour du jeune manguier. Ces quelques exemples montrent qu'il serait intéressant de s'inspirer davantage des observations qu'on peut faire parfois au hasard des visites en champs, pour expérimenter et mettre au point des dispositifs de culture permettant d'améliorer les rendements agricoles et les situations écologiques.



Dans le même sol sableux, le jeune manguier a largement profité de la présence du guiera. Ci-contre, la comparaison en détail.

Dispositifs pratiques

Passons en revue quelques-uns des dispositifs de culture les plus fréquemment observés. Ils sont établis soit au hasard, soit de façon ordonnée.

Dispositifs au hasard

Traditionnellement, les cultivateurs **semaient en se déplaçant "à vue"**, sans trop faire attention à des alignements précis. Les arbres s'élevant dans les champs naissaient de **semis spontanés**. Lors des défrichements, la position des arbres dans les champs était aussi le résultat du hasard, le défricheur se gardant d'abattre quelques arbres spontanés de la forêt ou de la jachère, en vertu de leur utilité.

Les dispositifs dépendant du hasard sont courants là où les seuls outils disponibles sont manuels. On sème **au pas**, comme on le voit sur la photo **833**. Cette femme accomplit des gestes rythmés: elle creuse un trou avec sa daba, elle saisit quelques graines dans la calebasse accrochée à la ceinture et les pose dans le trou, elle tasse la terre du trou avec son talon, puis elle recommence ces gestes. La densité du semis dépend de la longueur de ses pas et de la façon dont elle progresse à vue. L'habitude lui permet d'obtenir une densité assez régulière.

Les **avantages** des dispositifs établis à vue ou au pas sont les suivants:

- ▲ les outils sont **manuels**; ils peuvent être acquis sans grands frais;
- ▲ le dispositif **s'adapte** aux circonstances particulières du terrain (roches, fourmilières, grosses racines, troncs d'arbres abattus, etc.);
- ▲ la réalisation des semis est souvent **progressive**. Selon ses forces, une femme peut progresser un jour, sur un ou deux ares de terrain. Un autre jour, elle traitera 10 ou 15 ares, en équipe, et ainsi de suite, de jour en jour.

Les **inconvénients** de ce type de dispositif sont principalement:

- un **contrôle peu rigoureux de la densité** des semis et des écartements optima. Des plants trop serrés se gênent mutuellement, alors qu'à certains endroits, la terre est insuffisamment occupée;
- les **difficultés de passage** lors des travaux d'entretien de la plantation, tels que le sarclage ou les pulvérisations.

Poquets

Un **POQUET** est un groupe de quelques pieds, entre trois et cinq le plus souvent, semés en même temps dans le même trou. On en voit un exemple sur la photo **836**. Plusieurs graines de coton ont été semées ensemble et seront démariées ensuite.

Ailleurs, nous avons vu des poquets comprenant deux espèces différentes, comme par exemple le niébé et le sorgho (**810**), la tomate et le manioc (**829**). Les racines et les feuillages de pieds semés ensemble se mélangent.



Semeuse "au pas"



Labour en poquets alignés.



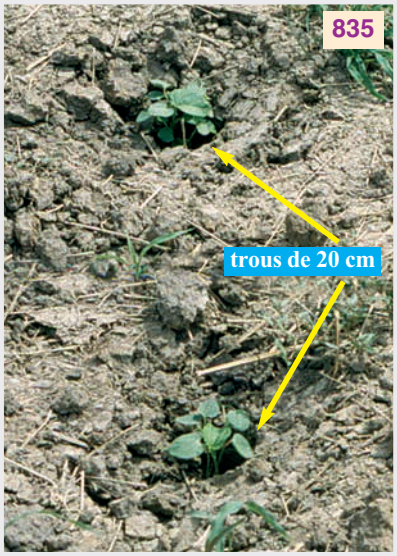
Semis de coton en poquet



Démariage du poquet

Par extension, on parle de **labour en poquets** lorsque le travail du sol se fait de façon discontinue, comme sur la photo **834**, par opposition au **labour continu** d'une charrue.

L'établissement de poquets peut se faire au **hasard** ou en **lignes**, en **culture pure** ou en **complantations**. Parfois, on cultive en poquets **approfondis**. Cela se fait par exemple dans les plaines de décrue des rivières. Des graines sont placées au fond d'un trou de 20 à 25 centimètres de profondeur, afin de profiter au mieux de l'humidité laissée dans les couches un peu plus profondes du sol (**835**).



Poquet approfondi

Le **DÉMARIAGE** consiste à éliminer des pieds en surnombre dans les poquets de semis (**837**). Il se pratique lors de l'établissement des plantules. Il est nécessaire pour éviter une trop forte concurrence entre plants de la même espèce, au niveau des racines et à celui des tiges. C'est l'expérience qui permet de déterminer le nombre optimal de pieds à maintenir dans les poquets.

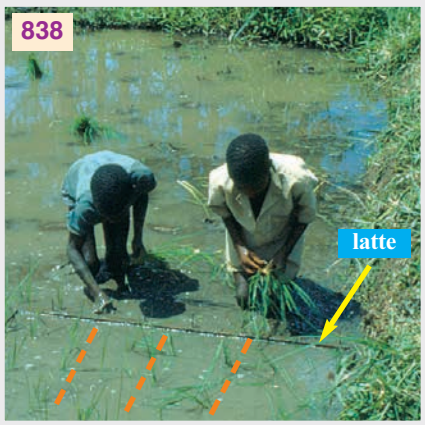
Lors du démariage, on enlève les plants chétifs ou malades. On ne laisse que les pieds les plus vigoureux, en général 2 ou 3.

Dispositifs ordonnés en lignes

Nous avons déjà rencontré des semis en lignes dans les chapitres précédents. On les pratique sur des labours à plat, sur des billons ou sur des planches de culture. Voici par exemple une culture de radis en lignes (834).

Les lignes sont établies avec plus ou moins de précision, soit au pas, soit avec un instrument: cordeau tendu, latte, gabarit en bois ou en métal, rayonneur, etc.

Nous voyons sur la photo 838 des jeunes gens occupés à repiquer des pieds de riz dans une rizière inondée. Pour fixer la distance entre les lignes, ils disposent d'une latte flottante marquée de repères indiquant l'écartement entre les lignes. Au fur et à mesure du repiquage, ils tirent la latte en reculant. Dans les lignes, ils utilisent leurs mains pour connaître la distance qui sépare les poquets. Chacun comporte de 5 à 6 jeunes pieds. Avec un peu de pratique, ils arrivent à repiquer à une densité très régulière.



Repiquage du riz à la main



Rayonneur

Sur les terres planes, on utilise un **RAYONNEUR** qui permet de tracer des lignes parallèles le long desquelles on va semer au pas (839). Si les écartements dans les lignes doivent être assez longs, on peut utiliser deux lattes dont les longueurs sont celles des écartements qu'on veut établir entre les lignes et dans les lignes (par exemple lorsqu'on plante des arbres ou des buissons). En culture maraîchère, on utilise plutôt des baguettes.

Les dispositifs en lignes sont utilisés autant dans les cultures saisonnières que dans les plantations d'arbres, par exemple dans cette plantation familiale de palmiers à huile (841). Nous voyons que l'écartement a été établi au moment de la plantation, de façon à ce que les houppiers des arbres se touchent à l'âge adulte. Ici, les houppiers ne laissent pas passer assez de lumière pour qu'un étage de culture inférieur soit possible.

Les principaux **avantages de la culture en lignes** sont les suivants:

- ▲ il est assez aisé de **respecter les densités optimales** de semis. L'établissement d'écartements optima entre les lignes et dans les lignes permet d'occuper au mieux les espaces souterrain et aérien;
- ▲ les **entretiens sont plus faciles** que lorsque les semis sont faits au hasard;
- ▲ la culture en lignes s'impose naturellement lorsque les travaux culturaux s'effectuent au moyen d'instruments aratoires **mécanisés**;
- ▲ le dispositif en lignes **à niveaux** est souvent nécessaire lorsqu'on veut **lutter contre le ruissellement** en nappe et l'**érosion de la terre**.

Les dispositifs en lignes ont beaucoup d'avantages en cultures pures. Mais il n'est pas toujours aisé de les réaliser sur des défrichements récents, dans les entouffements, dans les terrains accidentés, etc. Les dispositifs en lignes sont



Semis en lignes de radis



Plantation de palmiers en lignes serrées. Pas de cultures intercalaires

842



Tuyau d'arpentage pour établir des lignes de plantation en courbes de niveau

souvent perturbés par la présence d'espèces plurisaisonnières dans la rotation culturale (manioc, canne à sucre, bananiers, par exemple).

Si, en cultures herbacées, on peut utiliser les rayonneurs, en plantations d'arbres, on utilise des **CORDEAUX**. Tendus en longueur, ils marquent l'alignement. On les noue à distances régulières pour indiquer la position des pieds dans les lignes au moyen de pieux. Un second cordeau tendu en forme de triangle, entre les nœuds, permet de fixer l'écartement entre les lignes.

Des instruments topographiques sont utilisés dans les cas où les lignes doivent être réalisées en courbes de niveau. A titre d'exemple, la photo **842** présente un instrument simple qui est le **TUYAU D'ARPENTAGE**.

La figure **843** présente quelques dispositifs de cultures en lignes.

Dispositifs en complantations

En culture pure, nous avons vu qu'il est possible d'établir les plants côte à côte, en évitant que les assiettes racinaires ne s'interpénètrent.

En culture associée, on tient compte des **complémentarités** possibles ou des risques de **concurrences** défavorables.

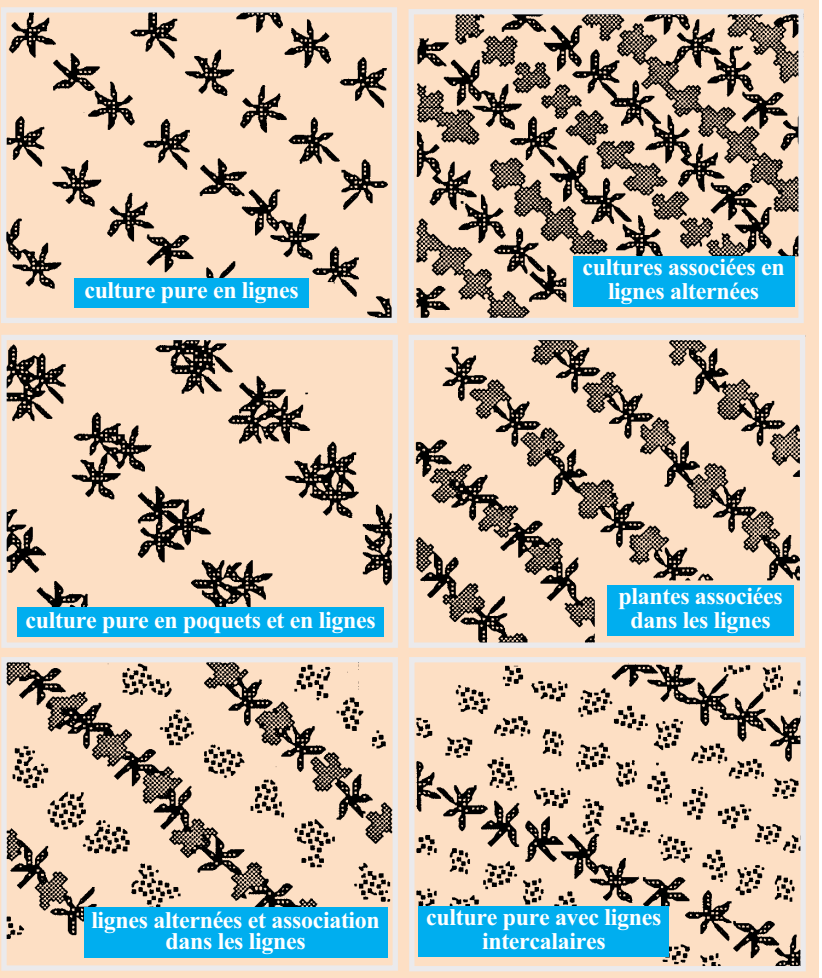
▼ Les pieds d'**une même espèce** se combattent lorsque leurs racines s'enchevêtrent. Pour éviter ce risque, pour chacune des espèces présentes dans l'association culturale, **on respecte les écartements** comme pour les cultures pures.

Notons que lorsque les pieds sont semés en poquets, la concurrence entre eux existe. Mais les racines de ces pieds ont tendance à s'allonger et à élargir l'assiette racinaire des plants regroupés dans le poquet. Ce sera d'autant plus vrai qu'une fumure aura été épandue autour des poquets.

▼ Les pieds de **deux espèces** différentes peuvent avoir des **besoins similaires** à certaines périodes. Le risque est que ni l'une, ni l'autre ne soit satisfaite et que les pieds de l'une ou l'autre espèce se développent mal. Les cohabitations doivent donc être attentivement observées. Autant que possible, on complante des espèces de **familles différentes**.

On veille donc à associer des **espèces ou des variétés dont les besoins** en eau et en sels nutritifs **diffèrent dans le temps**.

843 *Dispositifs de culture en lignes*



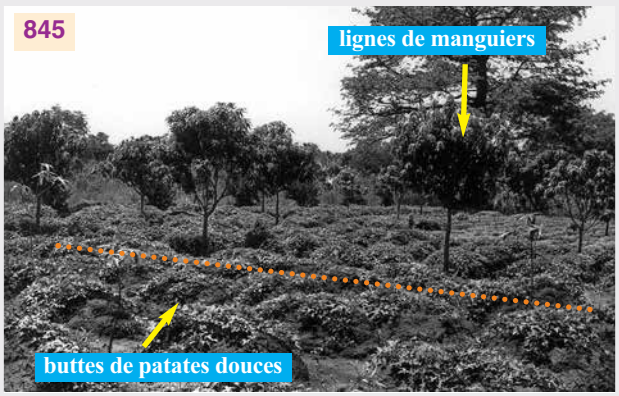
On veille aussi à ce que l'**étagement des plantes dans l'espace aérien** permette à chacune des espèces de disposer d'assez de lumière pour un bon développement.

On peut également associer des plantes dont les **morphologies racinaire et aérienne sont très différentes**, et dont on sait que les unes profiteront de la présence des autres. Le taro, par exemple, profitera de l'ombre des bananiers ou des caféiers. Ces derniers profiteront d'une taille racinaire stimulante lors de la plantation et de la récolte des tubercules.

Revenons à la photo **809** où nous voyons que des caféiers ont été plantés en lignes assez distantes pour que des cultures soient possibles même lorsque les arbres ont atteint leur plein développement. Ici, la culture intercalaire est l'arachide. Le labour préalable au semis de cette légumineuse provoque une **taille racinaire** chez les caféiers. Cette taille favorise l'apparition de nouvelles radicelles. L'arrachage des gousses, quelques semaines plus tard, va aussi favoriser l'aération du sol. Au cours des saisons suivantes, il sera possible d'intercaler, entre les lignes de caféiers, d'autres plantes basses telles que patates, haricots, macabo, etc., ou des engrais verts comme puéraria ou stylosanthes. Le fait de complanter ces espèces est favorable dans la mesure où l'entretien de celles de l'étage inférieur est également utile aux arbres.



Les arbres de ce bocage se sont développés spontanément, sous contrôle des chefs de la terre. Les semis sont réalisés selon la volonté du cultivateur, au pas, en poquets ou en lignes.



Les buttes de patate douce sont disposées sans ordre, entre les alignements de manguiers.



Les lignes d'arbres et les billons se croisent perpendiculairement.

Le nombre de dispositifs possibles en cultures associées ou complantées est infini.

Dispositifs superposés

Lorsque les champs saisonniers comportent des arbres, on peut dire que plusieurs dispositifs s'entrecroisent: celui des plantes saisonnières, régulièrement resemées, et celui des arbres, établis de façon pérenne.

Dans le contexte traditionnel, les arbres sont souvent disséminés de façon aléatoire, en fonction des croissances spontanées et des soins apportés aux plants spontanés par les occupants pour les maintenir et les exploiter. Sous ces arbres disséminés, tous les dispositifs de culture décrits ci-dessus sont possibles.

Voici l'exemple d'un bocage du Sénégal. Sous les arbres, les dispositifs de cultures saisonnières sont variés, selon la volonté, la force, l'équipement de l'exploitant (**844**). On peut y cultiver à la charrue, à condition d'adapter son passage à la présence des arbres.

Ailleurs, on constate que sous les lignes d'arbres établies très régulièrement, les buttes, elles, sont disposées de façon aléatoire (**845**).

Sur la photo **846**, nous voyons que la direction des billons de cultures saisonnières croise celle de la ligne de rôniers. Constatons que ceux-ci sont élagués, ce qui permet à la lumière du soleil de pénétrer dans l'étage saisonnier, occupé par les cotonniers.

847 Rentabilité des arbres isolés?





Dans les dispositifs des champs familiaux, quelle est la rentabilité des arbres isolés, comme ces palmiers doum, ou des massifs isolés tels que ces neems au pied d'un grand fromager? Comment valoriser ces arbres, tout en perfectionnant les dispositifs de culture sous-jacents, et en les mécanisant?

Les **avantages** des complantations d'espèces pérennes et saisonnières en dispositifs superposés se manifestent sur les plans écologique et économique. Ils sont décrits dans *"Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique"*.

▲ L'exploitant maintient en place des arbres ou des touffes vivaces, dans une **perspective à long terme**: arbres résiduels de la forêt (d'avant le défrichement du champ), arbres plantés par lui ou par des générations précédentes d'agriculteurs, arbres utiles ayant poussé spontanément;

▲ dans les **contextes fonciers** où le propriétaire interdit à l'usager de planter des arbres, ce dernier peut malgré tout encourager la constitution d'un étage arboré à partir des pieds poussant spontanément (chapitre 11). C'est un pis-aller, car mieux vaudrait que des contrats lient les propriétaires et les usagers pour amener la création de parcs arborés;

▲ l'étage arboré peut offrir une grande **diversité** de produits **tout au long de l'année**. Nous voyons en effet que dans le champ de la photo **844**, les récoltes sont étalées dans le temps, tant dans l'étage inférieur (céréales, arachide, coton) qui dure le temps de la saison pluvieuse que dans l'étage arboré (arbres fruitiers, fourragers, fertilitaires, etc.). Le dispositif de ces arbres évolue à long terme, alors que celui des cultures saisonnières peut changer chaque année (à plat, en billons, en buttes, etc.). Il en va de même dans toutes les plantations agroforestières multiétagées.

Il y a aussi des **inconvénients** à la superposition des dispositifs. Chacun d'entre eux peut être analysé sous plusieurs angles: densité, organisation du travail, contrôle des parasites, possibilité de mécanisation, etc.

Les **avantages** et les **inconvénients** doivent être soupesés à la lumière de la situation locale, par exemple à partir de **questions** telles que:

✔ que rapporte aux **membres de la famille** ces palmiers doum (*Hyphaene thebaica*) qui se trouvent dans le champ familial (**848**)? Qu'est-ce que cela rapporterait de l'éliminer en terme écologique, alimentaire, économique? Que rapporte à la famille, sur les plans économique et écologique, ce massif de neems associé au grand fromager (*Ceiba petandra*) (**849**)?

✔ quel est l'intérêt d'aligner les dispositifs de plantation des arbres, **par rapport aux synergies** qui se sont établies entre les arbres disséminés et les cultures saisonnières?;

✔ que rapportent les arbres du point de vue des **fourrages**, de la matière organique retournant au sol, de la protection des parcelles contre les effets des vents?;

✔ sur le plan du **rendement global des champs**, est-il plus intéressant de couper les arbres pour faciliter le passage des outils mécaniques que de tourner autour, ou de traiter les espaces sous les arbres autrement que les surfaces voisines?

Progressivement, il est possible de **faire évoluer les dispositifs désordonnés** vers des dispositifs plus ordonnés. Pour cela, il faut avoir **un plan à long terme**:

⇨ qui **respecte les arbres les plus anciens**, même s'ils ne sont pas bien alignés; ces arbres finiront par mourir;

⇨ qui **construit un nouveau dispositif** superposé, de façon plus organisée.

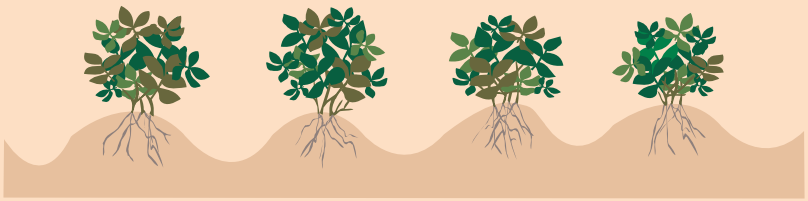
Il est intéressant de **construire ce type de plantation selon un plan pluriannuel** qui tienne compte d'une grande variété d'espèces et de l'évolution de leurs enracinements et de leurs organes aériens.

Dispositifs évolutifs en culture maraîchère

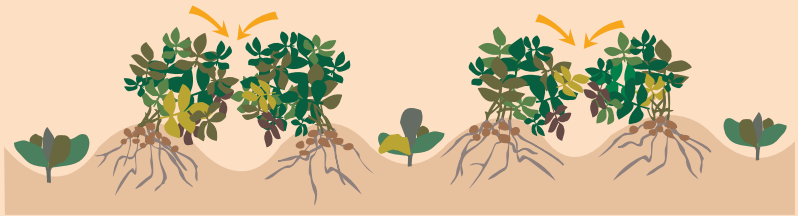
Le tableau **850** présente un cas de dispositif évolutif en culture maraîchère. Trois espèces occupent successivement la parcelle durant 24 à 26 semaines. Elles occupent soit les billons, soit les sillons. La terre est travaillée au fur et à mesure des semis. D'autres combinaisons sont possibles.

850 Dispositif évolutif en culture maraîchère

Au début de la culture: plantation de pommes de terre sur des billons distants de 50 à 60 centimètres.



Après 8 semaines: on penche les plants de pommes de terre comme indiqué par les flèches. De cette façon, on dégage de l'espace dans un sillon sur deux. On repique des choux dans le fond des sillons dégagés.



Un mois après, on récolte les pommes de terre. Les billons sont aplanis entre les lignes de choux. On y repique des poireaux. Les choux sont mûrs 8 semaines plus tard. Après leur récolte, on peut encore semer des légumes à cycle court comme la laitue ou l'oseille.



Le cycle s'achève en 24 à 26 semaines.

Conclusion

Entre les modes de culture pure et ceux des polycultures les plus biodiversifiées, toutes sortes de dispositifs sont possibles. Ils ne déterminent pas à eux seuls la productivité des cultures. Mais lorsqu'ils sont bien étudiés, ils permettent d'exploiter au mieux le volume des ressources terriennes et aériennes, surtout lorsqu'ils sont attentifs aux agressions du climat et des pathologies. Aucune combinaison n'est à exclure en climats tropicaux, dans les exploitations familiales, au nom des modes de culture d'autres peuples et d'autres régions climatiques.

Quels sont les dispositifs de semis et de plantation que nous pouvons observer autour de nous? Comment les racines et les organes aériens occupent-ils l'espace des champs et des jardins? Comment évoluent les dispositifs de culture au cours du temps, à court, moyen et long terme? Quels dispositifs choisir lorsqu'on cherche à créer un champ multiétagé?

Notes



Partie 11
Nourrir le sol au bénéfice des plantes

Les plantes puisent une partie de leur nourriture dans le sol à travers leurs racines, une autre partie dans l'air à travers les stomates des feuilles. Les aliments puisés dans le sol sont des sels minéraux. Quelques substances organiques provenant du milieu vivant sont aussi captées en très petites quantités. Pour être absorbées par les racines, ces substances doivent être dissoutes dans l'eau. C'est le mélange d'eau et de substances minérales ou autres qui traverse la paroi racinaire.

La dissolution des **sels minéraux** dans l'eau est un phénomène physique et chimique qui dépend d'autres substances également présentes dans le sol: les **ACIDES** et les **BASES**. Ceux-ci réagissent constamment entre eux en combinant diverses molécules ou atomes. C'est pourquoi le caractère acide ou basique du sol et de l'eau qui y circule ont une influence importante sur la nutrition des plantes. L'agriculteur peut alimenter son sol afin d'améliorer la nutrition des plantes. Pour cela, il utilise des **ENGRAIS**. D'autres mots peuvent être utilisés pour nommer les engrais: on parle de **FUMIERS**, de **FUMURES** ou d'**AMENDEMENTS**.

Les sels minéraux alimentant les plantes proviennent de plusieurs sources:

- des **matières minérales composant le sol**: argiles, limons, sable, graviers;
- de la **décomposition de la matière vivante**, dans le processus de minéralisation;
- des **fumures organiques qui sont appliquées** par le cultivateur. Les sels minéraux que ces matières contiennent doivent être "libérés" dans le processus de minéralisation avant de pouvoir être puisés par les racines;
- des **engrais minéraux apportés** par le cultivateur. On les appelle également **ENGRAIS CHIMIQUES**. Ils sont **naturels** si on les trouve dans la nature, par exemple dans des mines ou des carrières. Ils sont **artificiels** lorsqu'ils sont fabriqués dans des usines, à partir d'autres produits, comme le pétrole.



Chapitre 35
Les aliments des plantes

De quoi les plantes se nourrissent et s'abreuvent

Atomes, molécules et sels minéraux

Les plantes, comme tous les êtres vivants, sont composées de milliards d'atomes combinés entre eux. Les **ATOMES** sont des particules infiniment petites de substances pures. Ils sont le plus souvent associés en **MOLÉCULES**. Chaque molécule comprend un nombre plus ou moins grand d'atomes d'une ou de plusieurs sortes.

Il y a des molécules **simples**, composées de quelques atomes seulement: **SELS MINÉRAUX**, **ACIDES**, **BASES**. D'autres sont **complexes** et comprennent de nombreux atomes. On les appelle **MOLÉCULES ORGANIQUES**.

Eclairons un peu ces différences. Nous connaissons le fer. Au sortir de la forge, la lame de fer est composée uniquement d'atomes de fer. Sa couleur grise témoigne de sa pureté. Si nous mouillons cette lame, elle rouille. Une matière brunâtre se forme à sa surface. La rouille est due à la présence d'**OXYDE** de fer. Des atomes de fer se sont combinés avec des atomes d'oxygène, contenus dans l'eau, pour former l'oxyde de fer qui est un sel minéral.

Le cuivre, lui, est jaune. Il va se combiner avec l'oxygène pour former un oxyde de cuivre verdâtre. Avec le soufre, il forme le sulfate de cuivre bleuté. Le carbone, qui est généralement noir, peut se combiner avec du calcium et de l'oxygène pour former la craie blanche qu'on utilise à l'école ou qu'on trouve dans les coquillages.

L'oxyde de fer, le sulfate de cuivre, le carbonate de calcium, les phosphates, les nitrates, sont tous des sels minéraux composés de molécules comprenant plusieurs atomes. On trouve ces sels dans la terre. Lorsque certains atomes ou groupes d'atomes se détachent de ces molécules sous l'influence des acides ou des bases, ils sont dilués dans l'eau du sol et peuvent être captés par les racines.

Où les plantes puisent-elles leurs aliments?

Les réserves alimentaires participant à la construction du corps des plantes se trouvent à **trois niveaux**.

- ❏ Certains sels minéraux **se diluent dans l'eau du sol**. Leurs molécules se décomposent en plusieurs atomes qu'on nomme **IONS**. Les ions sont des atomes ou des groupes d'atomes libres qui peuvent aussi bien s'allier à l'eau, se coller aux grains du sol ou reconstituer une molécule avec d'autres atomes. L'alliance des ions aux autres matériaux ou, au contraire, leur détachement, dépend beaucoup de l'acidité du sol.

  Le **sol** est donc le **premier milieu** qu'exploitent les plantes pour s'alimenter.

- ❏ L'**air** est le **second milieu**. Il est lui aussi composé d'atomes et de molécules. L'**azote** (**N**) et l'**oxygène** (**O**) sont prépondérants dans l'air (respectivement 78 et 21%). À l'état naturel, dans l'air, ces deux substances sont gazeuses.

  Une très petite proportion de l'air contient du **carbone** (**C**), sous la forme d'un **oxyde gazeux** qui est le **CO_2**. Un atome de carbone est allié avec deux atomes d'oxygène. Il y a moins de 0,1% de CO_2 dans l'air, mais c'est dans cette petite réserve que les plantes captent le **carbone qui est l'un des composants les plus importants de la matière vivante.**

- ❏ L'**eau** (**H_2O**) est une molécule composée d'un atome d'**oxygène** (**O**) et de deux atomes d'**hydrogène** (**H**). Les plantes **la fabriquent ou la décomposent**, lorsqu'elles en ont besoin. La plus grande partie de l'eau des plantes est cependant puisée dans le sol.

A quoi sert l'eau des plantes?

La vie n'est pas possible sans eau. Elle exerce **plusieurs fonctions** essentielles:

- ➥ l'eau est un **véhicule**. Elle se déplace **dans le sol et dans le corps de la plante** en transportant toutes sortes de substances: des ions, des molécules minérales ou organiques, des êtres vivants tels que des bactéries, des moisissures, etc;
- ➥ l'eau est un **passeur** d'éléments chimiques. Elle fait passer des ions ou des molécules à travers la paroi des racines;
- ➥ l'eau est un **régulateur**. Quand il fait trop chaud, elle s'évapore à la surface des feuilles et les refroidit;
- ➥ l'eau est **charpenteuse**. Elle gonfle les organes de la plante et les rigidifie;
- ➥ l'eau est aussi un **réactif chimique**, comme nous l'avons dit plus haut. Elle se compose ou se décompose dans les plantes, en fonction des besoins de celles-ci.

Tout ce que nous allons expliquer dans le domaine de l'alimentation des plantes se déroule autour de ces fonctions, que nous avons décrites au chapitre 17.

Les principaux atomes utilisés par les plantes

Les chimistes ont repéré plus de 100 types d'atomes dans la nature. Mais seuls une vingtaine sont utilisés couramment par les plantes, en plus ou moins grandes quantités, comme éléments nutritifs.

On distingue les **MACRO-ÉLÉMENTS** des **MICRO-ÉLÉMENTS**. Les premiers sont ceux dont les plantes ont besoin en grandes quantités, les seconds sont nécessaires en moindre quantité ou même en quantités infimes. Les micro-éléments sont aussi appelés **OLIGO-ÉLÉMENTS**.

Nous pouvons faire une comparaison. Lorsque nous mangeons, il y a les aliments qui constituent la masse du plat: le riz, le maïs, le couscous, la farine de manioc, etc. Mais il y a aussi les légumes et les condiments que nous ajoutons en petites quantités avec le sel. Si nous ne mangeons que le maïs ou la boule de manioc sans les autres éléments, jour après jour, nous ne serons pas en bonne santé.

Les plantes aussi doivent trouver un **équilibre alimentaire** entre les macro-éléments et les micro-éléments.

Le tableau **852** relève les principaux éléments nutritifs utilisés par les plantes. Les lettres entre parenthèses indiquent le code utilisé par les chimistes pour désigner ces éléments. Les points placés à droite des codes indiquent l'importance quantitative de l'élément dans la composition des plantes.

D'autres éléments peuvent être captés selon les circonstances et les besoins des plantes:

✔ des éléments **utiles** à la santé qu'on peut comparer à des "vitamines";

✔ et aussi des éléments **toxiques** se présentant sous forme gazeuse, liquide ou solide.

Les portes d'entrée

Les plantes absorbent leurs aliments dans deux milieux différents, l'un **souterrain**, l'autre **aérien**. Il y a **deux portes d'entrée**:

⇨ la **fine paroi des radicelles** et des poils absorbants. C'est elle qui filtre l'eau du sol contenant les ions nutritifs;

⇨ les **stomates** ouverts sur les feuilles, les jeunes tiges, les troncs. Ils absorbent l'oxygène et le carbone sous leur forme gazeuse. Ils absorbent et rejettent de la vapeur d'eau.

Le processus de ces échanges a déjà été abordé au chapitre 23. Dès que les atomes - et certaines molécules - sont entrés dans la plante sous forme d'ions, celle-ci commence à les combiner pour en faire son propre corps.

852 Les atomes qui alimentent les plantes

Atomes prélevés dans le sol

■ **Macro-éléments**:
- ❖ Azote (N) ✦✦✦✦
- ❖ Phosphore (P) ✦✦
- ❖ Potassium (K) ✦✦✦

■ **Micro-éléments**:
- ❖ Calcium (Ca) ✦✦
- ❖ Magnésium (Mg) ✦✦
- ❖ Sodium (Na) ✦
- ❖ Cuivre (Cu) ✦
- ❖ Zinc (Zn) ✦✦
- ❖ Bore (Bo) ✦
- ❖ Molybdène (Mo) ✦
- ❖ Cobalt (Co) ✦
- ❖ Aluminium (Al) ✦
- ❖ Sélénium (Se) ✦
- ❖ Soufre (S) ✦✦
- ❖ Manganèse (Mn) ✦✦
- ❖ Fer (Fe) ✦✦
- ❖ Chlore (Cl) ✦✦
- ❖ Silice (Si) ✦

Pour pénétrer dans les plantes, les sels minéraux contenant ces atomes doivent être **dilués dans l'eau**.

Atomes prélevés dans l'air

■ **Macro-éléments**:
- ❖ Carbone (C) ✦✦✦✦
- ❖ Oxygène (O) ✦✦✦✦
- ❖ Hydrogène (H) ✦✦✦✦

Ils sont captés par les organes aériens des plantes, sous forme de gaz.

Atomes prélevés dans l'air et dans l'eau

- ❖ Hydrogène (H) ✦✦✦✦
- ❖ Oxygène (O) ✦✦✦✦

Ces atomes sont captés dans l'eau dont les molécules sont composées de ces deux éléments.

Molécules prélevées dans le sol

De nombreuses molécules organiques complexes sont prélevées dans l'humus du sol, en fonction de l'utilité qu'en ont les plantes.

Le cycle de la matière vivante et des éléments minéraux

Le tableau **853** représente le cycle de la matière vivante et des éléments minéraux.

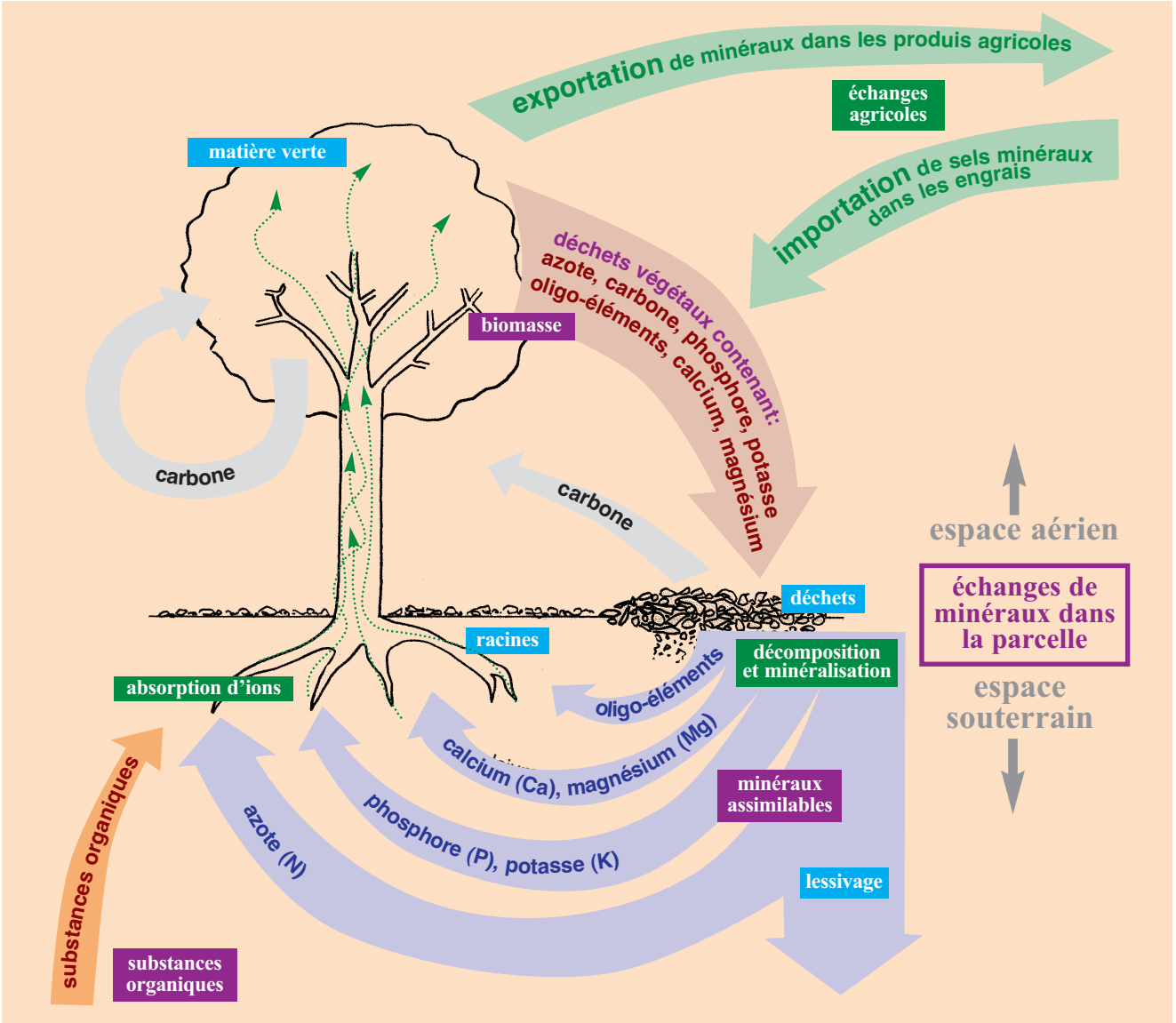
L'azote, le phosphore, la potasse, le calcium, le magnésium et les oligo-éléments, mélangés à l'eau du sol, sont puisés par les racines à travers la paroi de leurs poils racinaires. Le mélange d'eau et de minéraux ayant pénétré dans les racines forme la **SÈVE NON ÉLABORÉE** qui monte dans la tige vers les feuilles.

Dans les feuilles, les minéraux contenus dans la sève non élaborée sont mélangés avec le carbone que la plante a absorbé dans l'air à travers ses stomates.

Dans le cadre de la photosynthèse et de nombreux processus chimiques internes à la plante, les éléments puisés dans le sol et dans l'air se mélangent pour former la **SÈVE ÉLABORÉE**. Elle sert à fabriquer la matière vivante composée de protéines, de sucres, de graisses, de bois, de pailles, etc. (tableau **532** du chapitre 23).

Lors de la décomposition et de l'humification des déchets végétaux par les organismes vivant dans le sol, une partie du carbone va s'échapper dans l'air, tandis que l'azote, le phosphore, la potasse, le calcium, le magnésium et les oligo-éléments se retrouveront en mélange avec le sable et l'argile. Dans le mélange, on trouve aussi des molécules organiques complexes excrétées par les micro-

853 ***Cycle des éléments nutritifs chez les plantes***



organismes et d'autres êtres vivants, molécules que les plantes capteront en fonction de leurs besoins.

Dans ce milieu décomposé, les racines peuvent à nouveau puiser leurs aliments pour fabriquer de la matière vivante.

Le **cycle de la matière vivante** et des sels minéraux comporte donc **deux phases**: celle où les éléments minéraux sont contenus **dans le sol ou l'air,** et celle durant laquelle ils sont contenus **dans les plantes** sous forme de matières vivantes.

Ajoutons que le lessivage entraîne une partie des minéraux en profondeur dans le sol. Ils ne sont alors plus disponibles pour le cycle de la matière vivante.

La décomposition des déchets végétaux

Les déchets végétaux et animaux tombés au sol finissent toujours par se décomposer en leurs différents éléments minéraux dans le processus de **minéralisation**. Celle-ci se réalise de **deux façons différentes:**

➥ elle peut résulter de l'**activité biologique** des insectes, vers, petits animaux, champignons et micro-organismes qui divisent ces déchets. C'est l'**humification** dont on a parlé plus haut. Les éléments minéraux sont restitués petit à petit au

sol et à l'air. S'il fait chaud et humide et que la vie du sol est active, cela prend quelques semaines. Mais s'il fait froid ou très sec, cela peut prendre des mois, si pas des années;

➥ la décomposition peut être le fait du **feu**. Il décompose brutalement les déchets végétaux. Il laisse s'échapper le carbone et l'azote dans l'air. Le phosphore, la potasse, le calcium, le magnésium et les oligo-éléments sont rendus au sol sous forme de cendres. Il n'y a **pas d'humification**.

Pour la structure du sol, la **décomposition lente par humification est toujours préférable** à l'incinération. Elle permet d'étaler dans le temps la fourniture d'aliments aux plantes, puisque les éléments minéraux retournent à la terre, au rythme de la vie et de la mort des micro-organismes du sol. Ils sont consommés successivement par une série d'êtres vivants qui les retiennent dans leur matière vivante durant quelques temps, avant de les rejeter sous forme de déchets ou de cadavres, qui servent eux-mêmes encore de nourriture à d'autres êtres, dans le cadre d'une longue chaîne alimentaire décrite au chapitre 16.

Pour les besoins de la mise en culture, la décomposition biologique est parfois trop lente, par exemple quand il s'agit de troncs d'arbres et de grosses branches laissés sur le sol après défrichement forestier. Le feu permet de les minéraliser rapidement.

Exportation des éléments minéraux hors des champs

Dans un milieu naturel, un équilibre s'installe dans la durée entre ce qui est puisé dans le sol pour constituer le corps des plantes, et ce qui y retourne.

Des **déséquilibres** apparaissent par suite d'interventions humaines:

⇨ des transferts de minéraux ont lieu lors des **activités agricoles**. Quand l'agriculteur emporte hors du champ une partie des plantes - fruits, tubercules, feuilles, bois -, il **exporte avec ces produits** les minéraux qu'ils contiennent. Ceux-ci ne viendront pas réalimenter le stock des minéraux immédiatement disponibles dans le sol;

⇨ si le **feu** détruit les plantes et que l'**érosion hydrique** s'installe, les minéraux vont être emportés avec les cendres;

⇨ si le **lessivage** du sol arable s'installe par suite de pratiques agricoles imprudentes, les minéraux s'échappent vers le sous-sol et appauvrissent la couche superficielle;

⇨ lorsque le **bétail** vient paître dans une pâture et qu'il s'en va déposer ses excréments ailleurs, il exporte les minéraux puisés par les plantes fourragères dans la pâture, pour les déposer ailleurs avec ses excréments.

Que ce soit par l'érosion, le pâturage, le déplacement des récoltes, on dit qu'il y a **EXPORTATION** de minéraux. Lorsque cette exportation a lieu année après année, la couche de sol arable s'appauvrit. On y constate une baisse de la fertilité naturelle.

Si le cultivateur ne veut pas voir baisser ses rendements d'une année à l'autre, il doit **remplacer les minéraux exportés** par un système de fumure adéquat.

En même temps qu'il cultive et qu'il exporte des minéraux, le cultivateur modifie la structure du sol. Souvent, celle-ci se dégrade. Il ne suffit pas de remplacer les minéraux exportés, **il faut aussi reconstituer la structure**.

Dans ce contexte, les engrais, ou amendements, sont les matières que le cultivateur importe dans sa terre pour en améliorer les rendements. Ils ont **plusieurs utilités**:

❒ l'importation de minéraux pour **compenser les exportations** au niveau du sol;

❒ l'**amélioration des équilibres entre les minéraux** du sol;

❒ une **action sur la structure** du sol;

❒ ils peuvent **changer l'acidité** du sol et **modifier l'état des argiles et des colloïdes.**

En transformant ou en enrichissant le sol, les engrais contribuent à l'équilibre nutritionnel des plantes.

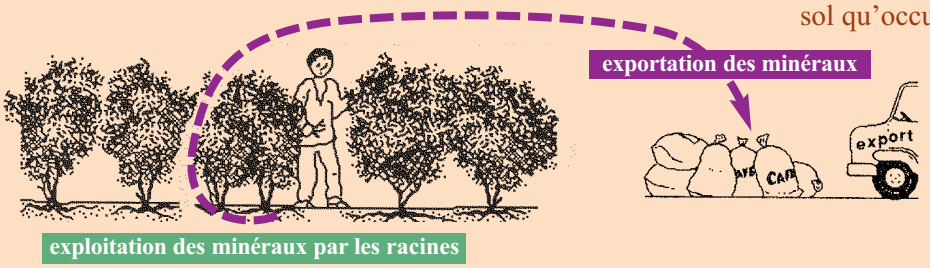
Le tableau **854** relève les différents processus de transfert des minéraux au niveau des terres cultivées.

Quels sont les produits exportés hors du champ? Dans quelles couches de sol, superficielles ou profondes, les éléments exportés sont-ils puisés? Quels sont les effets constatés ou à craindre du fait de ces exportations? Quels sont les importations d'éléments organiques ou minéraux - ou inputs - qui compensent les exportations?

854 Transferts des minéraux du sol

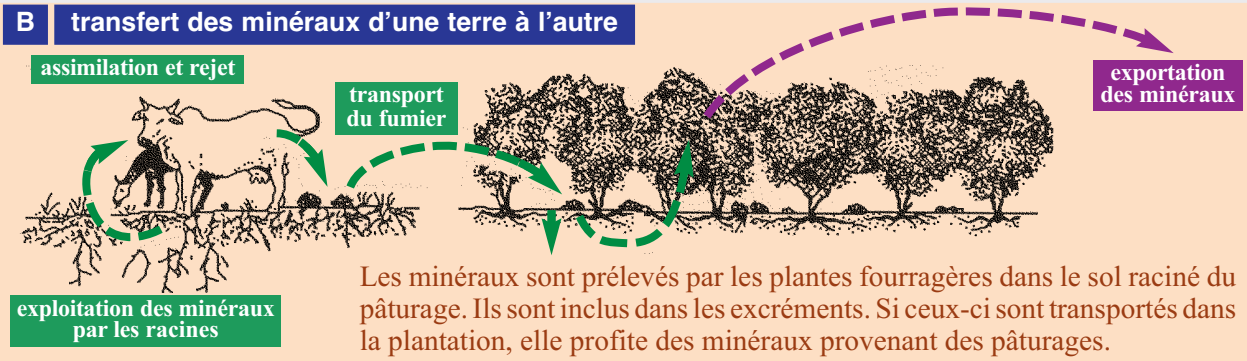
A exportation des sels minéraux

Les caféiers puisent les minéraux dont ils ont besoin dans la couche superficielle du sol qu'occupent leurs racines.



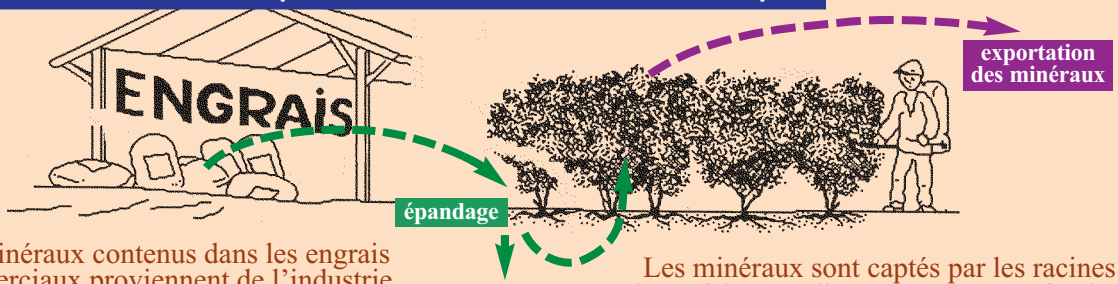
Des minéraux prélevés dans le sol par les caféiers sont inclus dans les grains exportés. Le sol s'est donc appauvri de ces sels.

B transfert des minéraux d'une terre à l'autre



Les minéraux sont prélevés par les plantes fourragères dans le sol raciné du pâturage. Ils sont inclus dans les excréments. Si ceux-ci sont transportés dans la plantation, elle profite des minéraux provenant des pâturages.

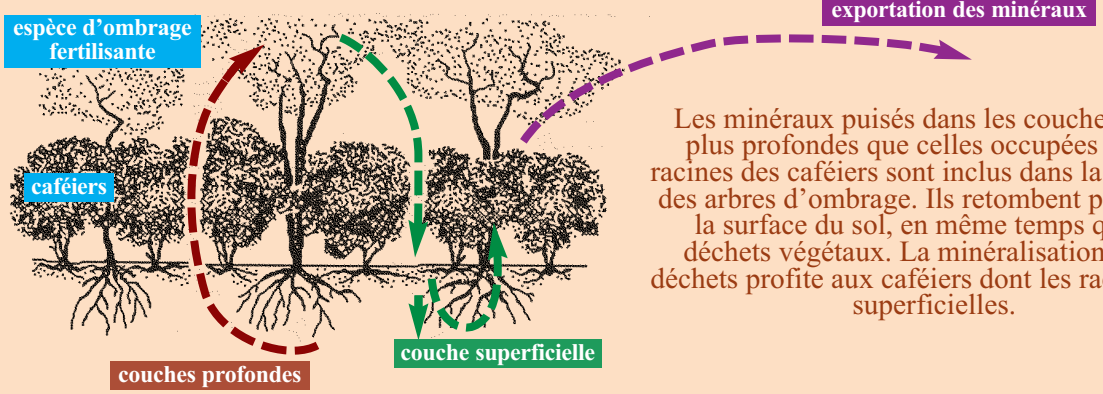
C transfert des minéraux à partir de mines ou d'industries chimiques



Les minéraux contenus dans les engrais commerciaux proviennent de l'industrie chimique et des mines d'extraction.

Les minéraux sont captés par les racines des caféiers ou disparaissent en profondeur par lessivage du sol.

D transferts internes à la parcelle suivi d'exportation



Les minéraux puisés dans les couches de sol plus profondes que celles occupées par les racines des caféiers sont inclus dans la biomasse des arbres d'ombrage. Ils retombent plus tard à la surface du sol, en même temps que les déchets végétaux. La minéralisation de ces déchets profite aux caféiers dont les racines sont superficielles.



Chapitre 36
Les engrais organiques

Les **ENGRAIS ORGANIQUES** sont des matières provenant des plantes ou des animaux. Lorsqu'elles sont déposées sur le sol ou qu'elles y sont enfouies, elles augmentent la fraction organique du sol. Elles peuvent se transformer en humus selon le processus d'humification que nous avons décrit plus haut.

On distingue **plusieurs sortes d'engrais organiques**:

- ❏ le **FUMIER VÉGÉTAL** est composé de **déchets** provenant des plantes. En tombant, les feuilles mortes, les rameaux, les écorces, les fruits, se décomposent dans la litière;
- ❏ le **FUMIER ANIMAL** est formé par les **excréments** des animaux. A la ferme, ils sont souvent mélangés à de la paille;
- ❏ le **PURIN ANIMAL** est constitué par les **déjections liquides** des animaux;
- ❏ on parle de **PURIN VÉGÉTAL** pour désigner les **macérations de plantes** dans de l'eau;
- ❏ le **COMPOST** est un mélange de déchets végétaux, éventuellement additionnés d'excréments animaux, de cendres ou d'engrais minéraux, qu'on fait fermenter et pourrir selon une technique adéquate;
- ❏ on nomme **ENGRAIS VERTS** des **plantes** qu'on sème en vue de les enfouir dans le sol pour le fertiliser.

Rôle et intérêt des engrais organiques

Nous pouvons caractériser l'intérêt des engrais organiques de la façon suivante.

- ➤ Les engrais organiques **nourrissent le sol** avant de nourrir les plantes. Ils se décomposent, comme tous les déchets de la matière vivante.
- ➤ Les engrais organiques **améliorent la structure du sol**. L'humus et l'argile s'assemblent pour former le **ciment argilo-humique** nécessaire à la constitution de **grumeaux** (chapitre 14). La structure grumeleuse du sol obtenue grâce à la présence du ciment argilo-humique est favorable à la **pénétration des racines** et à leur **aération**.

  Le **sol résiste mieux** à la pluie et au vent lorsqu'il a une bonne structure.
- ➤ Comme l'argile, la matière organique, surtout lorsqu'elle est transformée en humus, capte et **retient les sels minéraux** sous forme d'ions. Elle les met en réserve. C'est important, car s'ils ne sont pas capturés et retenus, les sels minéraux risquent de s'échapper avec l'eau vers le sous-sol. Ils sont alors perdus pour les plantes qui se développent dans la couche arable.
- ➤ Les engrais organiques sont **favorables à l'humidité du sol**. Tout ce qui vit contient de l'eau. Tant qu'ils ne sont pas entièrement décomposés, les déchets de la matière vivante retiennent de l'eau.
- ➤ Les engrais organiques **activent la vie du sol**. Les êtres vivants y trouvent plus de nourriture après l'application d'engrais organiques. Ils les transforment en matière vivante qui, elle-même, deviendra déchet et nourriture après sa décomposition.
- ➤ Les engrais organiques **contiennent des éléments favorables à la santé des plantes**. Ils livrent au sol des substances très diversifiées qui, même en très petites quantités, aident les plantes à pousser ou à résister aux maladies. Sur un sol riche en matières organiques, les plantes **résistent mieux aux maladies, aux attaques** d'insectes et à la sécheresse que sur un sol dont la texture est purement minérale.

Au moyen d'une image, comparons les fumures organiques et les engrais minéraux. Sur une première table (celle des fumures organiques), il y a une multitude de plats consistants et de bols de sauces. Les convives choisissent dans ces plats variés les aliments dont ils ont envie et besoin, selon leur faim et leur état de santé. Sur une seconde table (celle des engrais chimiques), il y a trois plats, une sauce et un pot de sel. Les convives n'ont pas grand choix. Ils se

contentent de ce qu'il y a, même s'ils voudraient bien trouver un autre aliment plus intéressant pour leur santé. Dans le premier cas, c'est la biodiversité alimentaire qui agit sur la santé. Dans le second, la diversité est insuffisante et les éléments recherchés par le corps ne sont pas tous présents.

Insistons sur le fait que l'efficacité des engrais organiques est liée à la vie du sol et à son humidité. **Ce qui tue la vie du sol** et ce qui l'assèche **rend les engrais organiques inopérants**.

Qualité des engrais organiques

Toutes les matières organiques n'ont **pas les mêmes qualités** sur le plan de la fertilité des sols.

- ⇨ Certaines sont **trop sèches**, comme le **bois** composé en majeure partie de **LIGNINE**, ou la **paille** qui est faite de **CELLULOSE**. Ces matières, longues à minéraliser, sont composées d'une très forte proportion de **carbone**. Aucune plante ne peut se nourrir directement de bois et de paille.
- ⇨ D'autres matières se décomposent beaucoup plus facilement. Elles contiennent moins de carbone et beaucoup **plus d'azote**. Elles sont envahies par des champignons et des bactéries, et entrent rapidement dans la chaîne alimentaire de l'humification. Les excréments animaux sont dans cette catégorie parce que les fourrages et les pailles ingérées ont déjà été décomposées dans la très efficace chaîne alimentaire intestinale des animaux.
- ⇨ Certaines matières organiques contiennent des **toxines** qui limitent la minéralisation biologique. Pensons par exemple aux litières d'eucalyptus qui ne se décomposent que très lentement.

Rapport entre le carbone et l'azote

Un bon engrais organique est celui qui fournit au sol un **mélange équilibré** de matières respectivement riches en carbone et en azote. Les agronomes parlent du **rapport carbone-azote** (**C/N**) dans le sol. Ils constatent que les plantes réagissent à ce rapport.

- ***Premier cas***: il y a une forte proportion d'azote dans les matières organiques de l'engrais. Le rapport C/N a une valeur faible. La **chaîne de l'humification vit intensément**. Elle libère rapidement les minéraux et ceux-ci sont exploités par les racines.
- ***Deuxième cas***: le rapport C/N est élevé. L'humification démarre lentement. Il faut que l'intervention des termites, des vers, des larves, ait déjà découpé le bois ou la paille en fin morceaux avant que les micro-organismes humificateurs puissent commencer leur travail.

  Dans ce deuxième cas, les plantes ne trouvent pas toujours leur compte d'éléments nutritifs. Elles tentent d'exploiter les minéraux disponibles, mais elles ne peuvent le faire qu'**en concurrence avec des micro-organismes** très gourmands qui ont besoin de beaucoup d'azote pour réaliser leur consommation des bois et des pailles riches en carbone.

L'engrais organique qui contient une forte proportion d'azote (rapport C/N faible) sera plus vite décomposé en ses différents minéraux et ceux-ci seront rapidement mis à la disposition des racines. Inversement, si C/N est élevé, la minéralisation est plus lente. Si les déchets végétaux disponibles comportent une trop grande proportion de lignine et de cellulose, mieux vaut les laisser se décomposer d'abord en fosse de compostage, ou comme litière dans les étables, avant de les répandre sur les cultures.

Les pailles de ce champ contiennent des minéraux (**855**). Mais elles ne sont décomposées que lentement par les organismes vivants du sol. L'âne qui piétine les pailles les brise, les croque, les digère et les excrète. Elles sont donc hachées en menus morceaux et mélangées à des matières plus riches en azote provenant d'autres fourrages et du corps de l'animal. Le crottin de l'âne constitue un engrais organique de meilleure qualité que la paille avec laquelle il a été fabriqué dans le tube digestif de l'animal. Il contient tous les minéraux qui se trouvaient dans les plantes ayant fourni les pailles.



Lorsque cet âne mange la paille, très riche en carbone, il produit des excréments proportionnellement plus riches en azote. Ces excréments nourrissent mieux le sol que la paille elle-même.

Le morceau de bois que nous voyons sur la photo **856** est mort depuis plusieurs années, mais il n'en finit pas de se décomposer, malgré le travail des vers qui le creusent. Ils rongent le bois, le trouent, ouvrent des passages pour l'eau et d'autres êtres vivants, et ils finissent par rejeter leurs excréments qui sont ensuite repris dans la chaîne des micro-organismes décomposeurs. Mais c'est un processus très lent, tellement lent parfois que le feu s'impose pour restituer les minéraux au sol.



Les micro-organismes humificateurs entrent beaucoup plus vite en action sur les excréments de ces vers que sur le bois lui-même.

Par contre, les ordures ménagères humides qu'on a jetées dans une fosse à côté de la cuisine se décomposent en humus en quelques semaines. La microfaune et les micro-organismes que ces ordures contiennent ne sont pas composés des mêmes espèces que celles se trouvant sur le bois ou la paille.

Autour des villes, certains agriculteurs utilisent les **ordures ménagères** que leur déversent les services de nettoyage urbains. Ils considèrent à juste titre que les ordures urbaines contiennent des matières organiques fertilisantes. Toutefois, **en l'absence d'un tri minutieux,** ces déchets sont rarement de bonne qualité et sont **dangereux** (**857**).

Conclusions sur la qualité des fumures organiques

Nous pouvons résumer les caractéristiques d'un bon engrais organique de la façon suivante:

- ❒ il est **riche en éléments minéraux**. Les plantes dont il provient, ou les animaux, ont été bien nourris;
- ❒ la **composition en azote et en carbone est équilibrée**. Des matières très putrescibles sont mélangées à d'autres qui contiennent plus de cellulose et de lignine, et qui pourrissent plus lentement;

857 Ordures ménagères



Les ordures ménagères qu'on trouve dans les grandes villes contiennent des matières organiques intéressantes pour la fertilité des sols. Mais il faut les utiliser avec une grande prudence, en les triant avant l'épandage.

Seules les matières putrescibles provenant des ordures alimentaires sont valables. Tout le reste est dangereux pour la terre: piles électriques, boîtes à conserve, tessons de bouteilles, vieilles chaussures, sachets plastiques, etc. Ils peuvent être toxiques, comme les piles ou les boîtes ayant contenu des pesticides. Ils peuvent blesser les enfants, les travailleurs, les animaux. Ils peuvent être vecteurs de maladies.

Après le tri, on a intérêt à réaliser un compostage à chaud, afin d'éliminer les risques d'infection, d'accélérer la décomposition des matières et la formation d'humus.

- ❒ grâce au mélange dont nous avons parlé, **son action est étalée dans le temps**. Les minéraux sont restitués au sol progressivement, alors que le brûlage les restitue brutalement, d'un seul coup;
- ❒ il est **facile à épandre** ou à enfouir dans le sol;
- ❒ il ne contient **ni semences gênantes** pour les cultures**, ni germes** de parasites ou de maladies susceptibles d'attaquer les plantes.

Notes

Produire de l'humus

L'humus est produit par des **chaînes alimentaires** constituées par les êtres vivant dans le sol et se nourrissant les uns des autres ou les uns sur les excréments des autres. C'est une **matière noire**, relativement stable, qu'on trouve dans le sol, là où ont pourri des matières organiques d'origine végétale ou animale. Il est lui-même consommé par des bactéries qui le minéralisent, et les minéraux ainsi produits peuvent être captés par les racines. **L'humus contient tous les éléments minéraux qui se trouvaient dans les plantes avant leur décomposition**. Dans ce sens, c'est un aliment très complet.

Le **processus de restitution au sol** des atomes ayant constitué le corps des êtres vivants se fait, grosso modo, comme suit:

- ➥ **décomposition grossière** des déchets végétaux et animaux,
- ➥ **décomposition en particules de plus en plus fines** et **humification**,
- ➥ consommation de l'humus par des **bactéries minéralisatrices** et restitution au sol des atomes ayant nourri les plantes,
- ➥ **captage des minéraux** par les racines, et recommencement du cycle.

Produire de l'humus ou épandre des engrais minéraux, ce n'est pas du tout la même chose:

- ❒ dans le premier cas, **c'est la chaîne alimentaire du sol qu'on nourrit**. L'exploitant **nourrit ses plantes indirectement**. Les êtres vivants participant à la chaîne alimentaire **structurent** le sol. Ils y creusent des galeries. Ils mélangent les particules, ils les agglomèrent. Ils mélangent l'humus et les colloïdes et forment le ciment argilo-humique qui lie tous les éléments plus grossiers entre eux (sable, limons, particules organiques, etc.). Quand ils sont présents, les vers de terre jouent un rôle essentiel;
- ❒ dans le second cas, **c'est directement la plante qu'on nourrit,** sans trop se soucier de la vie du sol. Les racines puisent immédiatement les ions libérés dans l'eau du sol par l'engrais.

Envisageons les différentes façons de favoriser la proportion d'humus dans les terres cultivées.

Engrais verts

Qu'est-ce qu'un engrais vert?

Les **ENGRAIS VERTS** sont des plantes semées ou plantées en vue d'améliorer la fertilité des sols.

Les espèces les plus réputées comme engrais verts sont des légumineuses fixatrices d'azote atmosphérique (**858**). Mais toutes les espèces produisant de grandes quantités de biomasse sont susceptibles de jouer le rôle d'engrais vert, pourvu que cette biomasse revienne au sol pour s'y décomposer en humus.

Les espèces saisonnières utilisées comme engrais verts ne peuvent être envahissantes:

- ✔ **on évite les plantes à rhizomes** toujours très difficiles à éliminer lors de la remise en culture des parcelles,
- ✔ on les fauche ou les enfouit **avant qu'elles n'aient produit leurs graines**, afin qu'elles ne se répandent pas inconsidérément.

Le tableau **859** décrit les qualités des espèces les plus intéressantes pour la production d'engrais verts.

Modes de cultures des engrais verts

Les engrais verts peuvent être cultivés de plusieurs façons.

En cultures pures

Cela se fait **dans le cadre d'une rotation** culturale. Ils sont alors semés comme les autres espèces productives, à la différence qu'aucune matière végétale et minérale ne sera exportée du champ. L'**enfouissement** se fait lorsque les plantes sont bien développées, mais **avant qu'elles n'aient produit leurs graines**. On doit souvent acheter les semences d'engrais verts, à moins d'avoir la possibilité de les produire sur des parcelles semencières séparées.

Les cultures d'engrais verts peuvent bénéficier de **fumure minérale** ou d'arrosages. Correctement appliqués au moment où les engrais verts peuvent les accumuler dans leur biomasse, les minéraux seront redistribués dans le sol après enfouissement.

858 *Quelques engrais verts herbacés*

Pueraria	*Tephrosia*
Mucuna	*Desmodium*
Centrosema	*Macroptilium*
Stylosanthes	haricot
Vigna	pois
Canavalia	arachide
Flemingia	niébé

859 Les qualités idéales d'un engrais vert

- ♣ il produit vite et beaucoup de matière verte qui retournera au sol
- ♣ il puise beaucoup de minéraux dans plusieurs couches de sol et de sous-sol
- ♣ ses graines sont faciles à récolter et à semer
- ♣ il est une plante de bonne compagnie qui n'envahit pas ses compagnes; si c'est un arbre, il ne produit pas trop d'ombre et se laisse tailler ou élaguer facilement
- ♣ il peut servir de fourrage
- ♣ il n'est pas l'hôte de prédilection de certains ravageurs des cultures
- ♣ il couvre bien et rapidement le sol
- ♣ il ne grimpe pas sur les plantes qui lui sont associées



- ♣ il est capable d'utiliser l'azote de l'air dans ses nodosités symbiotiques
- ♣ il préserve l'humidité du sol
- ♣ la biomasse racinaire est abondante
- ♣ les matières qu'il produit se décomposent facilement dans le sol
- ♣ il enfonce ses racines en profondeur
- ♣ ses racines ne sont pas rhizomateuses afin d'éviter qu'elles ne deviennent envahissantes sans qu'on puisse les contrôler

Il s'agit d'un ensemble de qualités idéales qu'on ne trouve jamais chez une seule espèce. On choisira donc les engrais verts selon les circonstances des parcelles à fertiliser, et selon les disponibilités en semences.

On peut semer des engrais verts en mélanges d'espèces complémentaires.

En massifs

On fauche régulièrement des massifs de plantes très productives en matière verte. La matière fauchée sert à pailler les cultures ou à fabriquer du compost. Le tithonia qu'on voit souvent pousser en massif sur des talus ou en bordure des champs est un bon exemple d'engrais vert prolifique (**860**). On peut l'utiliser en paillages, ou le composter après l'avoir haché.

En alignements

Des lignes de plantes fertilisantes alternent dans les champs avec les lignes de l'espèce ou des espèces cultivées principales. On voit sur la photo **861** des alignements de flemingia, intercalés entre les bandes des terres qui vont être consacrées aux cultures principales. Les jets et les feuilles sont recépés régulièrement puis déposés dans les bandes.



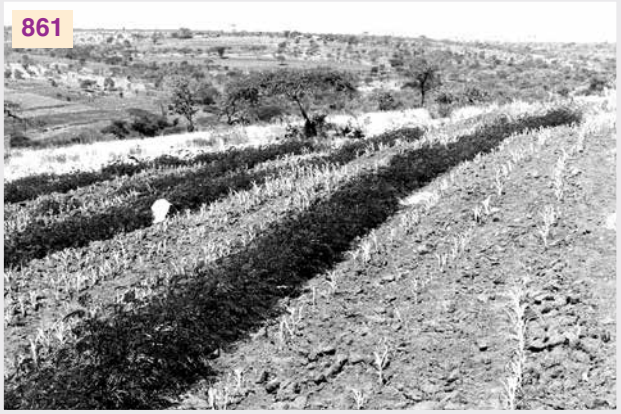
860

Le tithonia se développe bien en massifs, en bordure des jardins. C'est une espèce prolifique, utile pour enrichir le sol après fauchage ou compostage.

En association culturale

Les engrais verts herbacés peuvent être associés aux cultures, quel que soit le dispositif de semis adopté: ordonné ou non, en poquets ou séparés. Les semis d'engrais verts peuvent être **simultanés** ou **décalés** par rapport à ceux des espèces principales. Nous avons déjà rencontré des cas d'association entre des graminées céréalières et des légumineuses fixatrices d'azote.

861



Les haies fertilitaires de flemingia sont établies à distances régulières dans ce champ céréalier.

En cultures dérobées

Une culture dérobée est une culture semée en décalage par rapport au cycle de la ou des cultures principales. Le semis de l'engrais vert intervient lorsque le cycle de la culture principale est déjà avancé. L'espèce semée en décalage ne terminera peut-être pas son cycle végétatif, mais la biomasse verte qu'elle aura développée retournera au sol.

On peut imaginer par exemple de semer une graminée annuelle entre les pieds de sorgho, lorsque celui-ci est déjà bien développé et qu'il n'y a plus de risques de concurrences alimentaires. L'espèce dérobée va produire des feuilles, mais n'arrivera pas à maturité avant l'arrivée de la saison sèche. Ces feuilles seront soit enfouies par un labour, soit fauchées, soit simplement pâturées. Cette pratique peut aussi se faire avec l'une des espèces citées au tableau **858**.

Engrais verts et engrais chimiques

Il peut être intéressant d'appliquer un engrais chimique sur les engrais verts afin d'accroître la biomasse produite. Après l'enfouissement, les minéraux assimilés par les plantes seront restitués au sol à travers le processus de minéralisation biologique. En agissant de la sorte, on enrichit en minéraux l'humus disponible dans la couche arable.

Pour mettre cette pratique en œuvre, **quelques points** sont à prendre en compte:

- ⇨ on applique les engrais chimiques **lorsque les racines sont déjà bien développées** pour les capter efficacement et éviter le lessivage vers les couches profondes du sol;
- ⇨ si la plante fertilitaire est une légumineuse symbiotique, on évite de lui donner de l'azote. La présence d'**azote minéral diminuerait l'activité symbiotique**. On préfèrera distribuer un peu de phosphore ou de potassium;
- ⇨ les **doses d'engrais** chimiques appliquées aux plantes fertilitaires doivent être **limitées**. Une application trop abondante pourrait activer trop fortement l'activité micro-biologique.

Engrais verts et fourrages

Beaucoup d'espèces servant d'engrais verts sont aussi des fourragères. On peut donc combiner les différentes productions, comme le suggère la figure **862**. Le siratro *(Macroptilium atropurpureum)*, par exemple, est semé en culture dérobée sous le mil. Quand la récolte de mil est terminée et que le siratro arrête son développement, faute de pluies, on le récolte pour le stocker et on laisse le bétail pénétrer dans le champ. La combinaison des pailles de mil et des fanes de siratro est un excellent fourrage qui sera restitué au sol sous forme de fumier animal.

862 *Engrais vert fourrager: le siratro*



Le siratro est semé entre les pieds de mil deux ou trois semaines après l'établissement de celui-ci.

Quand le champ arrive **à maturité**, deux possibilités s'offrent au cultivateur:

- ➠ le siratro est **fauché** entre les lignes de mil, séché, mis en ballots et stocké comme fourrage pour le bétail,
- ➠ les pailles de mil et les fanes de siratro tombent sur le champ et sèchent. Le bétail est amené en **pâture** pour consommer tant les pailles que les fanes. Cette méthode est la moins intéressante puisque la consommation des fanes sera irrégulière.

Les **excréments** du bétail tombés dans le champ, au kraal ou en stabulation, sont **restitués à la terre arable**.

Les arbres fertilitaires

Une source importante de production humique est celle des arbres fertilitaires, qu'ils soient spontanés ou plantés. Un **ARBRE FERTILITAIRE** est un arbre dont la présence sur une terre est favorable à la fertilité du sol arable et à sa structure. Il accélère le cycle des éléments minéraux que nous avons résumé au tableau **853**.

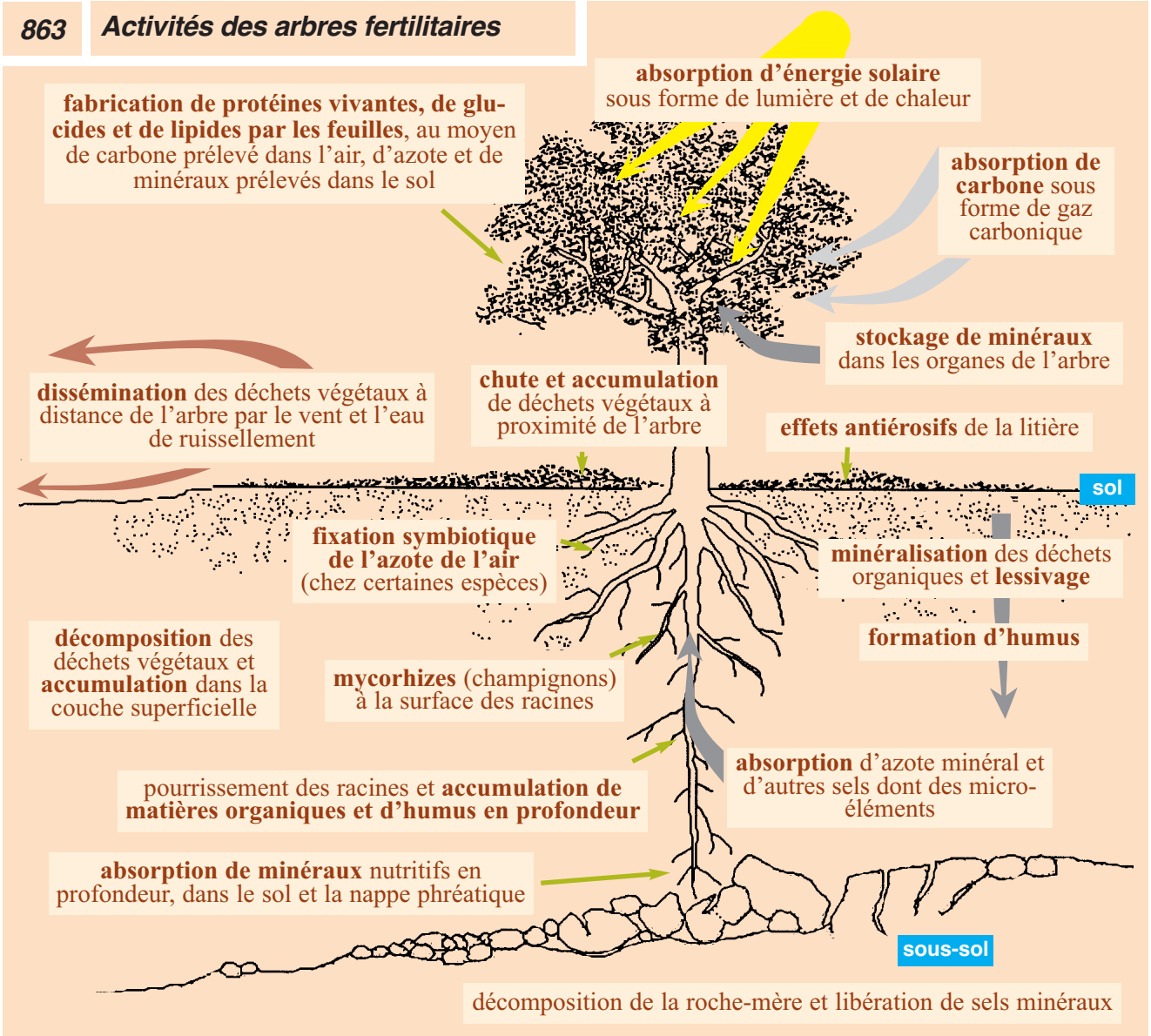
Caractéristiques des arbres fertilitaires

Le tableau **863** relève les activités des arbres fertilitaires. Certains d'entre eux sont cités dans la liste **868**.

Mais on peut dire qu'**un grand nombre** d'espèces d'arbres peuvent concourir à la fertilité organique du sol. Lorsqu'elles sont associées aux cultures, elles doivent répondre aux **conditions suivantes:**

- ⇨ elles **exploitent les couches profondes** du sol,
- ⇨ leurs racines **ne s'étendent pas trop dans la couche arable**, car elles concurrenceraient celles des plantes à enracinement superficiel,
- ⇨ elles produisent une **grande quantité de biomasse foliaire et racinaire sans trop gêner les plantes des étages inférieurs** (on peut éventuellement les tailler),
- ⇨ elles **n'assèchent pas le sol au détriment des cultures**,

863 ***Activités des arbres fertilitaires***



864 *Caractériser les arbres et arbustes fertilitaires*

- Qu'est-ce qui explique les **qualités fertilitaires** de l'arbre?
  - ✓ sa production de **matière verte** décomposable?
  - ✓ son **activité racinaire**?
  - ✓ ses **capacités symbiotiques**?
  - ✓ sa **capacité de recycler des minéraux** particuliers tels que le phosphore, le calcium, le potassium, etc.?
  - ✓ sa **capacité de produire des matières humiques** structurantes pour le sol?
- Où, quand et **comment s'expriment ces qualités** fertilitaires?
  - ✓ en **litière**?
  - ✓ dans le **sol** lui-même au niveau des racines et de leurs symbioses?
  - ✓ la **minéralisation** des matières est-elle lente ou rapide?
  - ✓ le cycle de production fertilitaire correspond-t-il aux **besoins des plantes cultivées**?
  - ✓ faut-il contrôler son **encombrement** aérien ou souterrain?
  - ✓ faut-il **élaguer ou tailler** les branches pour disposer de mulch, ou celui-ci se constitue-t-il par lui-même?
  - ✓ quelles sont les **caractéristiques morphologiques et anatomiques** de l'arbre? Se prête-t-il bien à des tailles successives? Quelles sont les méthodes de taille les plus productives pour ce qui est de la production fertilitaire?
  - ✓ l'espèce se prête-t-elle bien à une exploitation en arbres **isolés** ou en **haies**?
  - ✓ l'espèce est-elle **résistante à la sécheresse**?
- L'espèce est-elle **sociable ou asociable**?
  - ✓ y a-t-il des risques de **concurrences** pour l'**eau**, les **minéraux**, la **lumière**?
  - ✓ l'espèce entraîne-t-elle des **effets synergiques** chez d'autres espèces?
- Comment l'espèce modifie-t-elle les **conditions microclimatiques**?
  - ✓ a-t-elle des **effets sur l'humidité** du sol et **sur l'infiltration**?
  - ✓ sur sa **température**?
  - ✓ l'espèce joue-t-elle un rôle **antiérosif** et de protection du sol?
  - ✓ l'espèce favorise-t-elle la **vie du sol**?
- L'arbre remplit-il d'**autres fonctions** que la fertilisation, en particulier pour la production?
- Quels sont les **inconvénients** de la présence de l'arbre fertilitaire?
  - ✓ émission de **toxines** dans le sol?
  - ✓ **assèchement** du sol?
  - ✓ risque d'**envahissement** par le recru naturel?
  - ✓ habitat pour des **espèces animales non appréciées**?

⇨ leur capacité à **fixer l'azote dans des nodosités symbiotiques** est un atout majeur.

Tous les arbres, à leur façon, contribuent plus ou moins à la fertilisation des sols cultivés grâce au fumier végétal qu'ils produisent, tant à la **surface** du sol que **dans l'espace souterrain** occupé par les racines. Mais leur rôle fertilitaire n'est pas lié exclusivement aux cycles des minéraux et des matières organiques. Il est plutôt lié à **un ensemble systémique de facteurs**: volume et cycle de la biomasse présente sur les parcelles, humidité de la terre et de l'air, exposition du sol à l'insolation et aux vents.

Voici deux parcelles d'ananas rencontrées au Bas-Congo (**865**). Sur la première, l'incinération a été complète lors du défrichement. Les arbres ont été éliminés. Ensuite, les pieds d'ananas ont été cultivés en lignes durant plusieurs années.

La seconde parcelle a été défrichée à la même époque, mais l'incinération a été prudente. Des palmiers à huile et des arbres fruitiers ont été préservés et forment un étage supérieur.

Le tableau **866** et sa photo indiquent les effets de la présence de grands *Acacia albida* dans un champ ensemencé de sorgho. Des chercheurs ont montré que la présence de 50 à 60 pieds d'acacia sur un hectare de terre sableuse au Sénégal pouvait fortement transformer le sol.

Haies fertilitaires

Une haie bien composée est capable d'enrichir la terre des champs qu'elle accompagne. Elle puise l'eau et les aliments en profondeur. Elle peut servir à la lutte contre les vents. Ses feuilles et ses déchets retombent sur les champs.

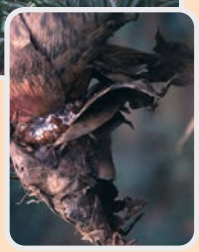
Sous la haie, la terre reste plus humide et plus vivante que sous les cultures. On y trouve une microfaune et une microflore abondante et utile.

On peut intégrer dans la haie des espèces dont le caractère fertilitaire est

865 Contexte fertilitaire de deux parcelles d'ananas

A défrichage complet, élimination des arbres





- la terre a été échauffée
- l'eau des pluies a lessivé une bonne partie des cendres laissées sur le terrain après le brûlis,
- des fougères ont colonisé la terre entre les lignes d'ananas, ce qui indique l'acidification du sol,
- d'importantes colonies de fourmis se sont installées sur la parcelle,
- en symbiose partielle avec les fourmis, des cochenilles ont envahi les pieds d'ananas,
- de nombreux plants jaunissent, se dessèchent et n'achèvent pas leur cycle productif.

Le rendement de la parcelle a été assez élevé lors des deux premières saisons de culture. Les ananas ont profité d'une **fertilité immédiate**. Mais celle-ci **n'est pas durable**.

B défrichage prudent, maintien d'arbres utiles



- une partie des matières incinérées a servi la fertilité immédiate,
- après le passage du feu, les arbres préservés ont protégé le sol contre l'insolation et l'érosion hydrique. Ils ont maintenu dans la parcelle une certaine humidité favorable à la vie du sol,
- les arbres ont apporté des matières végétales putrescibles en utilisant les minéraux de plusieurs couches de sol et de sous-sol, alors que l'ananas n'en exploite que les 30 premiers centimètres,
- les déchets végétaux agissent sur la composition et la texture du sol de façon durable.

Sur cette parcelle, il est nécessaire d'élaguer de temps en temps les arbres afin d'**assurer une bonne pénétration de la lumière** jusqu'aux pieds d'ananas.

866 Transformation physique et chimique du sol sous Acacia albida



L'arborisation de 50 à 60 pieds d'acacia par hectare, sur des sols sableux au Sénégal, amène les effets suivants:

- **gradient de fertilité** allant du centre vers la périphérie
- **teneur en minéraux** équivalent à des apports annuels de:
  - 50 kg/ha de chlorure de potassium
  - 80 kg/ha de chlorure bicalcique
  - 125 kg/ha de dolomie ou 150 kg/ha de chaux
  - 50 à 60 t/ha de fumier artificiel
- la **composition du sol** sous les acacias diffère de celle des sols environnants:
  - azote: + 100%
  - humus: + 50%
  - échanges de calcium: + 50%
  - échanges de potassium: + 30 à 40%
  - échanges de phosphore: + 13%
- **teneur en minéraux** des plantes cultivées aux pieds des arbres: + 50 à 80%
- d'autres effets sont constatés mais n'ont pas fait l'objet de mesures précises, par exemple la diminution de la **température** du sol en saison sèche avec les conséquences que cela entraîne sur son **humidité**.

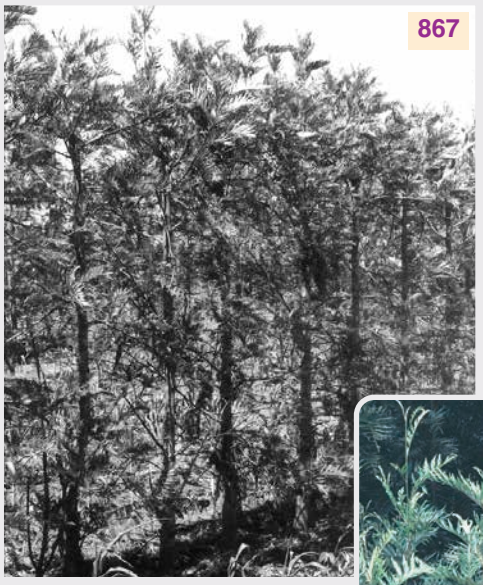
Charreau C. et Vidal P., "Influence de l'Acacia albida sur le sol", Agronomie Tropicale, juin-juillet 1965.

La fertilité des sols est toujours inscrite dans un contexte systémique

connu telles que grévillier (**867**), leucéna, flemingia, téphrosia, allizia, cassia, prosopis, etc.). Les branches sont émondées et disposées dans les parcelles à fertiliser ou dans des compostières.

On peut aussi concevoir des systèmes culturaux dans lesquels les haies fertilitaires sont intégrées dans les champs au même titre que les cultures. Nous en avons vu un exemple plus haut (**861**).

Le tableau **868** relève quelques espèces d'arbres et d'arbustes fertilitaires.



Haie de grévilliers établie en plein champ (Kenya).

Les jachères

La mise en jachère est la méthode la plus traditionnelle de rétablissement de la structure du sol et de sa fertilité naturelle. Cela consiste à abandonner la terre durant plusieurs mois ou années, afin que la végétation naturelle s'y réinstalle. La **diversité** des espèces apparaissant sur une jachère et les caractéristiques de leurs racines, la diversité de leur production biomassique, de la façon dont elles puisent les aliments et l'eau du sol, conduisent à une amélioration sensible de la fertilité dans la couche arable superficielle.

La production d'humus par les jachères est évidemment proportionnelle à la production biomassique des espèces en présence, qu'elles poussent spontanément ou qu'elles aient été semées en vue d'améliorer la production biomassique.

Le sujet est largement développé au chapitre 32 qui traite du travail des racines dans le sol.

Notes

868 Espèces d'arbres et d'arbustes fertilitaires

Acacia albida, A. meliflora,
A. senegal, A. seyal, A. tortilis
Acioa barterii
Albizzia sp.
Alchornea cordifolia
Anthonotha macrophylla
Cajanus cajan
Calliandra sp.
Cassia spectabilis
Erythrina abyssinica
Flemingia congesta
Gliricidia sepium
Grevillea robusta
Leucaena leucocephala
Musa sinensis
Parkia biglobosa, P. speciosa
Prosopis chilensis, P. juliflora
Sesbania grandifolia, S. sesban
S. aculeata,
Tephrosia sp.

Production biomassique

L'intérêt des arbres, des haies et des autres plantes fertilitaires, est qu'ils fabriquent de la biomasse en abondance et qu'ils la restituent ensuite dans la couche arable du sol. Nous parlons de **RENDEMENT BIOMASSIQUE** pour indiquer le niveau de production de biomasse par unité de surface et pour mesurer la quantité d'éléments chimiques apportés au sol par la couverture végétale. Le tableau **869** fournit un exemple pour un hectare de plantes fertilitaires. Outre le poids de biomasse produite, on a évalué, par des analyses chimiques, la quantité d'azote contenue dans cette biomasse. On pourrait aussi évaluer la quantité de phosphore, de potasse ou d'autres éléments contenus dans la biomasse. Nous avons pu voir au tableau **866** une application de ces notions au cas de l'*Acacia albida*.

869 Rendements biomassiques

Rendements en feuilles et en azote de quelques légumineuses arbustives après une première taille

espèces	poids total de biomasse produite (kg de matière sèche par hectare)	apport d'azote en kg par hectare
Tephrosia candida	3.453	131
Cajanus cajan	2.312	83
Leucaena leucocephala	5.595	234
Gliricidia sepium	6.286	233

R.Wijewardene, 1984, adapté de IITA Annual Report; 1981

Les fumiers animaux

Les fumiers animaux ont souvent des qualités supérieures à celles des fumiers végétaux. On trouve, en effet, dans le tube digestif des animaux un mélange intime de matières riches en carbone, en azote et en toutes sortes de substances utiles à la vie. Les minéraux contenus dans ces matières proviennent tous des végétaux consommés.

Dans la plupart des régions africaines, on constate la **divagation** du bétail et les **transhumances**. Les excréments sont disséminés sur des terres au hasard des parcours.

Une question importante est de savoir comment **rassembler les fumiers** et **les concentrer en quantités significatives** sur les terres à fertiliser. Une quantité significative de fumier est celle:

- ⇨ qui accroît sensiblement la quantité d'**humus** présent dans la couche arable,
- ⇨ qui transforme visiblement et positivement la **structure** du sol,
- ⇨ qui amène un accroissement manifeste des **rendements** à court et à long terme.

Plusieurs pratiques sont possibles en vue de concentrer les fumiers:

- ❒ le **ramassage** des excréments abandonnés sur les parcours du bétail, afin de les ramener dans les jardins. Cette méthode ne convient que pour de petites surfaces. Elle est assez hasardeuse. Elle peut être pratiquée même par les familles pauvres qui ne disposent pas de bétail;
- ❒ la **mise au piquet** des animaux sur des portions de terres bien pourvues de végétation fourragère;
- ❒ le **kraalage** consiste à ramener les animaux dans un lieu délimité durant la nuit, après qu'ils aient parcouru les environs pour se nourrir durant la journée,
- ❒ la **stabulation** consiste à enfermer les animaux en permanence, dans des étables et des enclos.

Le kraalage

Le principe du **KRAALAGE** est que les animaux parcourant les pâturages naturels durant la **journée** soient ramenés dans un lieu limité durant la **nuit**. Les minéraux ayant nourri les plantes fourragères ingérées se retrouvent dans le corps des animaux et dans leurs excréments. Ceux-ci s'accumulent durant la nuit dans le kraal.

Le kraalage comporte des **avantages**:

- ▲ il permet de **collecter** des minéraux dans les brousses avoisinantes, et de les **importer** dans les terres de culture;
- ▲ périodiquement, on peut **déplacer le kraal** dans les champs, afin de **répartir** l'apport de fumier sur l'ensemble des terres (tous les 8 jours, par exemple);
- ▲ lorsqu'il est accumulé en grande quantité dans le kraal, le fumier peut être soit **épandu** sur les cultures, soit **commercialisé**.


870

Accumulation de fumier dans un kraal de pasteurs tchadiens


871

Kraalage du petit bétail dans un enclos constitué de grillage à béton (Sénégal)


872

Kraalage aux abords d'une ferme burkinabé

Nous voyons sur la photo **870** le kraal d'un campement de pasteurs tchadiens. Une importante quantité d'excréments y est accumulée, dont une partie va être achetée par des agriculteurs. Sur la photo **871**, nous voyons un petit kraal de moutons et de chèvres, entouré d'un grillage en treillis à béton, alors que la photo **872** montre le kraal d'une famille d'agriculteurs.

La mise au piquet

Dans les milieux traditionnellement habitués à laisser leurs animaux en divagation, la mise au piquet comporte plusieurs avantages. Chaque jour, le propriétaire de l'animal - principalement chèvre, mouton, cochon -, l'attache à un piquet solidement enfoncé dans le sol. Une corde détermine la circonférence exploitable par l'animal durant la journée. Le piquet est déplacé régulièrement, lorsque l'animal a consommé l'herbe de la surface allouée. Si elle est bien appliquée et que les animaux sont régulièrement abreuvés, cette méthode permet de limiter les divagations destructrices durant les saisons agricoles.

On ne peut pas dire que les mises au piquet participent très efficacement et durablement à la production de fumure organique. Quand ceux qui la pratiquent n'y prennent garde, les chèvres ou les moutons trop peu nourris ont tendance à détruire toute la végétation autour des piquets (**874**).



Dans ce village, sous peine d'amende, le petit bétail est obligatoirement mis au piquet dans une jachère herbeuse durant tout l'hivernage.



Ailleurs, une chèvre attachée à un buisson est en train de le détruire entièrement.

La stabulation

La **STABULATION** consiste à enfermer les animaux dans un lieu clos adapté. Elle est **permanente** lorsque les animaux restent constamment enfermés, ou **semi-permanente** lorsque le troupeau circule aussi en pâtures à certaines périodes de la journée ou de l'année.

Les photos ci-après montrent quelques enclos. Remarquons la réserve importante de fourrages au-dessus du hangar des chevaux (**876**). Il est en effet indispensable, pour les stabulations, que les réserves de fourrages soient suffisantes pour assurer une bonne alimentation des animaux **tout au long de l'année**, et en particulier pour passer la saison sèche.



Les moutons à l'enclos sont abreuvés et abondamment nourris chaque jour (ici, avec des feuilles de bananiers et de taros). S'ils sortent de l'enclos, on les conduit sous bonne garde ou on les met au piquet pour éviter qu'ils ne détruisent les cultures environnantes (R.D.Congo).



Stabulation semi-permanente de chevaux en zone sèche. Les réserves fourragères sont placées au-dessus du hangar.

877



Stabulation familiale des porcs en Guinée Bissau. Les porcs consomment toutes sortes d'aliments, dont en particulier les tubercules, les fruits et les résidus ménagers.

Les **avantages** de la stabulation du point de vue de la production de fumier sont les suivants:

▲ toute la production fumière est **concentrée dans un même lieu**, qu'elle soit solide ou liquide;

▲ les déjections peuvent être **mélangées à des pailles** disposées en litière. Ces pailles seront piétinées et broyées par les animaux. Ce mélange, qu'on retire ensuite de l'étable, constitue un fumier bien équilibré du point de vue de son rapport carbone-azote (C/N);

▲ lorsque l'étable dispose d'un **sol cimenté**, il est possible de **collecter les purins** dans une fosse. Ils sont très intéressants pour l'amendement des sols en azote, et aussi pour certaines luttes phytosanitaires.

Les **contraintes** de la stabulation sont les suivantes:

➥ les animaux sont **nourris** et **abreuvés chaque jour**;

➥ les fourrages doivent être fauchés, récoltés et stockés en **quantité suffisante** pour une alimentation régulière des animaux durant toute la période de stabulation;

➥ les fauches doivent avoir lieu **aux bons moments**, afin de préserver les qualités alimentaires des fourrages. Ces qualités diffèrent selon la période du cycle végétatif. Pour connaître les périodes de fauche les plus adéquates, on consulte des tables alimentaires, par exemple dans le *"Mémento de l'agronome"*, ou auprès des services zootechniques;

➥ les installations doivent être **nettoyées chaque jour** pour réduire l'incidence des parasites et des maladies;

➥ le **stock de fumier** réalisé en fosses ou en tas doit garder un minimum d'humidité afin de poursuivre normalement son processus d'humification.

Associer l'élevage fermier à l'agriculture

Il est nécessaire d'**associer l'agriculture et l'élevage**, dit-on souvent. C'est effectivement une voie importante pour l'avenir des fermes familiales. Mais des changements d'habitudes s'imposent:

⇨ les animaux doivent trouver leur **place au sein des fermes, plutôt que de divaguer** aux alentours. Il faut donc construire des habitats adaptés;

⇨ les détenteurs de bétail doivent veiller à **nourrir** leurs animaux quotidiennement. Ils doivent donc **produire** ou **acheter** très régulièrement les fourrages nécessaires, **en quantités suffisantes**;

⇨ il faut **abreuver** les animaux chaque jour;

⇨ il faut créer les conditions d'**hygiène** nécessaires et disposer des **médications** en cas de maladie.

Le tableau **879** explique comment placer la production de fourrages et de fumier animal au centre des activités des fermes familiales. Il montre que l'association de l'élevage et de l'agriculture se fonde sur **un ensemble d'actions conjointes** liant les activités culturales proprement dites, la gestion des résidus et des excréments, et le compostage des matières putrescibles. On ne peut dire, cependant, que la seule production fumière dans la ferme elle-même soit suffisante pour assurer une fertilité optimale des sols. Des apports organiques ou chimiques extérieurs sont éventuellement nécessaires.

Le tableau **880** indique quelques pistes pratiques pour accroître la production fourragère et fumière à la ferme.

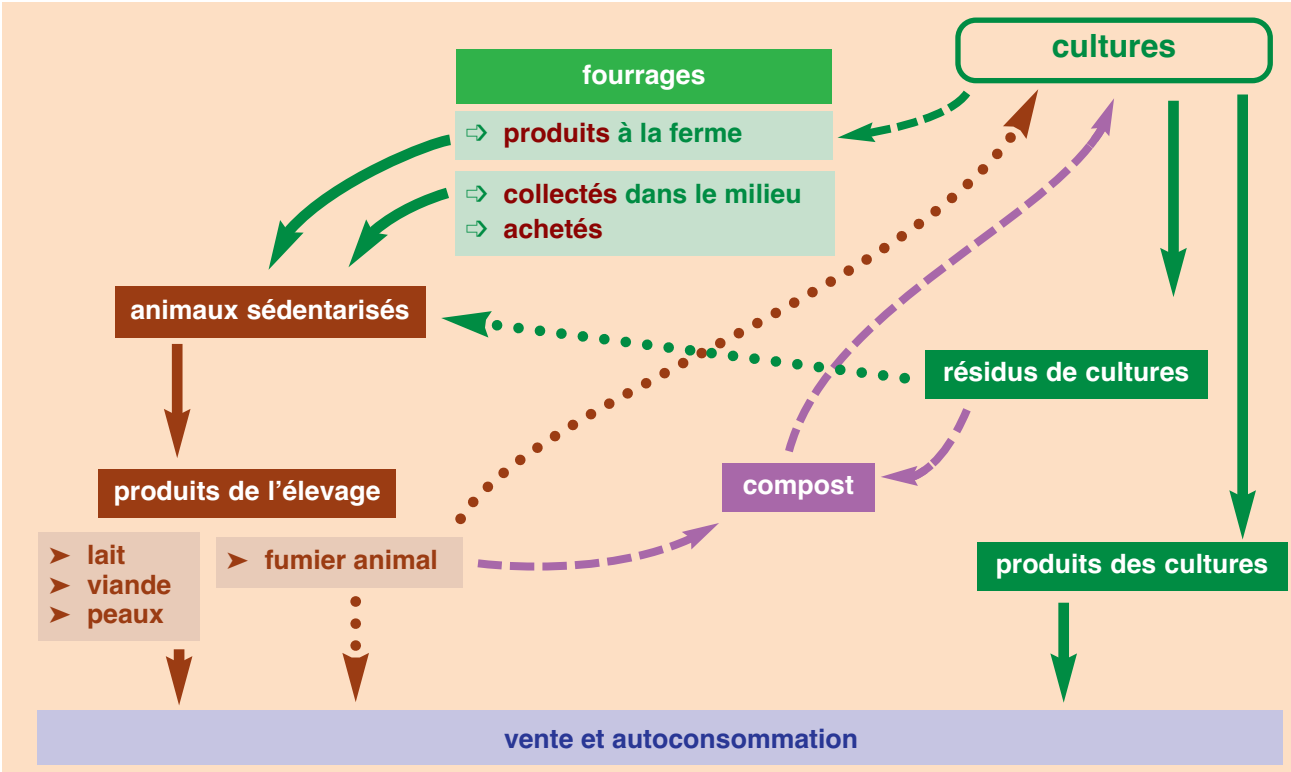
Les tableaux **881** et **882** relèvent une série d'herbes et d'arbres dont l'intérêt fourrager est reconnu. Il en existe une multitude que chacun pourra repérer dans sa propre région, en observant le comportement du bétail ou en consultant les stations de recherche. On peut se référer à des tables alimentaires pour connaître les

878 ***Stabulations***

✓ les vaches à l'**étable**
✓ les chevaux à l'**écurie**
✓ les moutons à la **bergerie**
✓ les chèvres à la **chèvrerie**
✓ les porcs à la **porcherie**
✓ les poules au **poulailler**
✓ les lapins au **clapier**

Chaque habitat est réalisé en fonction des habitudes et du bien-être de l'espèce concernée ainsi que du nombre d'animaux à héberger.

879 Les fourrages et le fumier animal au cœur de l'exploitation familiale



880 Production de fourrages et de fumier animal à la ferme

La production de fourrages peut se faire de **plusieurs façons**:

- **fauchage** manuel ou mécanique dans des zones non pâturées, et stockage des fourrages à la ferme;
- **culture pluviale ou irriguée d'espèces fourragères** sur des parcelles spécialisées;
- utilisation d'espèces fourragères pour l'établissement des **lignes antiérosives**;
- **association de plantes fourragères aux cultures céréalières**;
- établissement d'une couverture de **plantes fourragères dans les plantations d'arbres**, et pâturage contrôlé;
- **enrichissement des jachères** en espèces fourragères, pâturage de celles-ci, suivi de kraalage à la ferme;
- **choix des variétés agricoles** en fonction du critère fourrager;
- utilisation d'**engrais chimiques dans les jachères fourragères**. Ces engrais seront assimilés par les plantes et restitués plus tard dans les déchets organiques.



Sétaria fourrager en lignes antiérosives



Paspalum fourrager en culture pure



Mélange de ray-grass et de pois fourragers irrigués

881 Quelques espèces herbacées dont l'intérêt fourrager est reconnu

Graminées

sorgho

maïs

Pennisetum purpureum (herbe à éléphant)

Panicum maximum (herbe de Guinée)

Echinochloa stagnina (bourgeon)

Chloris gayana

Andropogon gayanus

Aristida mutabilis

Setaria sp.

Saccharum officinarum (canne à sucre)

Brachiaria sp.

Cenchrus sp.

Cynodon sp.

Légumineuses

arachide (fanes)

haricots

pois (*Pisum sativum*)

Centrosema pascuorum

Centrosema pubescens

Desmodium sp.

Macroptilium atropurpureum (siratro)

Stylosanthes sp.

Mucuna

Tephrosia

Vigna unguiculata (niébé)

Glycine maximum (soja)

Dolichos lablab

Pueraria phaseolides

Autres espèces

Ipomea batatas (patate douce) (feuilles)

Colocasia antiquorum (colocase)

Xanthosoma sagittifolium (macabo)

Gossypium barbadense (cotonnier) (tourteaux)

882 Quelques arbres fourragers africains

Acacia albida, A. laeta, A. senegal A. sieberiana. A. nilotica, A. raddiana, A. tortilis, A. seyal

Adansonia digitata (baobab)

Afzelia africana

Albizzia sp.

Anogeissus leiocarpus

Artocarpus sp. (arbre à pain)

Balanites aegyptiaca

Bauhinia rufescens

Bombax costatum

Borassus flabellifer (rônier) (fruits)

Boscia angustifolia, B. senegalensis

Cadaba farinosa, C. glandulosa

Cajanus cajan (pois cajou)

Capparis decidua, C. tomentosa, C. corymbosa

Cassia sieberiana

Celtis integrifolia (micocoulier)

Ceratonia (caroubier)

Combretum aculeatum

Commiphora africana

Cordia Rothii

Daniellia oliveri

Dichrostachys cinerea

Feretia apodanthera

Ficus gnaphalocarpa, F. capensis, F. iteophylla

Gardenia erubescens

Gliricidia sepium

Grewia bicolor, G. tenax

Guiera senegalensis

Hymenocardia acida

Hyphaene thebaica (doum)

Khaya senegalensis

Leucaena leucocephala

Maerua angolensis, M. crassifolia

Mitragyna inermis

Opuntia ficus-indica

Oxytenanthera abyssinica

Parkia biglobosa

Piliostigma reticulatum, Piliostigma sp.

Prosopis sp.

Pterocarpus lucens, P. erinaceus

Salvadora persica

Sesbania sesban

Vitex sp.

Zizyphus mauritania, Z. mucronata (jujubiers)

périodes de récolte les plus adéquates pour ce qui est des **qualités nutritives des fourrages**. Ce sont en général les phases de **montaison**, d'**épiaison** et du **début de la fructification** qui sont les plus intéressantes pour récolter et sécher les fourrages herbacés. Un principe à appliquer pour le séchage des fauches est qu'il vaut mieux le réaliser à l'ombre qu'en plein soleil.

Les **arbres fourragers** produisent des fourrages sous forme de feuilles, de fruits ou de gousses. De nombreuses espèces traditionnellement présentes dans les terroirs offrent de tels produits. Chez certaines espèces, ce sont les **gousses** qui sont les plus intéressantes. Les qualités des plantes et des arbres fourragers doivent toujours être examinées sur plusieurs plans:

- ✔ **quel animal** veut-on nourrir? Bovins, ovins, caprins, camélidés, porcins, lapins, volailles, etc.?
- ✔ **quelles parties de la plante** veut-on utiliser?
- ✔ quelles sont les **préférences** de l'animal **au cours de l'année**?
- ✔ quelles sont les **possibilités de stockage** des fourrages prélevés sur ces arbres?
- ✔ quelles sont les **compositions chimiques**, selon les tables alimentaires?

Les **arbres fruitiers** sont intéressants car ils offrent la **diversité alimentaire**, par rapport aux fourrages herbacés. La papaye, la banane, l'avocat, la jujube, les figues, les cabosses de cacao, les fruits du rônier, et tant d'autres fruits sont utiles à ce point de vue. Beaucoup ont des propriétés médicamenteuses. La présence de ces arbres dans ou à proximité immédiate des enclos du bétail est toujours avantageuse.

L'observation des animaux sur le terrain permet à l'exploitant de déterminer les espèces les plus intéressantes sur le plan fourrager. Beaucoup sont d'ailleurs multifonctionnelles, produisant aussi bien du fourrage que d'autres produits utiles tels que fruits, légumes, médicaments, bois, etc., ainsi que des éléments fertilitaires.

A la fin du livre, l'annexe 1 reprise au *"Mémento de l'agronome"* fournit un certain nombre de données sur les compositions alimentaires d'une série de fourrages.

Le compost

Le **COMPOST** est un mélange de déchets végétaux fermentés en tas ou en fosses. Il est éventuellement complété par du fumier animal, des cendres ou d'autres minéraux. Le **COMPOSTAGE** est une technique plus ou moins perfectionnée de fabrication du compost. Il se fait "à froid" ou "à chaud".


883

L'accumulation en tas des déchets ménagers putrescibles et des excréments animaux est un compostage à froid. Le compost contient des éléments fertiles et de l'humus, mais son contenu et sa décomposition sont irréguliers.


884

Voisinage de la fosse compostière et de l'enclos nocturne du bétail. Les déchets de ménage et les excréments animaux sont régulièrement rassemblés dans la fosse.

Compostage à froid

Le **compostage à froid** est le plus commun. On accumule **au jour le jour**, sur un tas ou dans une fosse, tous les déchets putrescibles de la maison et de la ferme: résidus de cultures, épluchures et ordures ménagères, excréments animaux, etc. On peut y ajouter les cendres. C'est ce qu'on voit sur les photos **883** et **884**.

La décomposition des matières se fait à la **température ambiante**, sans échauffement lié à l'activité microbiologique. Le processus de décomposition s'arrête lorsque le tas se dessèche faute de pluie ou d'arrosage, et reprend lentement lorsque le tas est réhumidifié. L'**humification des matières est incomplète**.

Si les quantités journalières de matières putrescibles sont limitées, il est bon de les composter dans des espaces réduits. Une touque de 200 litres, par exemple, peut faire l'affaire, à condition d'y créer des petites ouvertures pour laisser passer de l'air et permettre aux jus de s'écouler. Ceux-ci peuvent d'ailleurs être utilisés comme purins.

L'utilisation du compost à froid est intéressante, mais elle peut poser **certains problèmes:**

- il peut contenir des **semences indésirables** sous forme de graines, de rhizomes ou de rejets;
- il peut contenir des **agents pathogènes:** insectes, larves, bactéries, champignons. Cela se passe lorsque des résidus de culture infectés sont jetés sans précautions sur le tas;
- l'**épandage n'est pas toujours facile** puisque le compost contient aussi bien des morceaux de lianes, des branchettes, des pailles peu décomposées que des matières plus décomposées.

Compostage à chaud

Lorsqu'on accumule d'un seul coup une grande masse de matières putrescibles, le tas se met à s'échauffer. Cet **échauffement** est dû à l'**intense activité microbiologique** qui se développe dans le tas. Lorsqu'on peut le mettre en œuvre, le compostage à chaud produit un compost de **meilleure qualité** que le compostage à froid. Les **raisons** sont les suivantes:

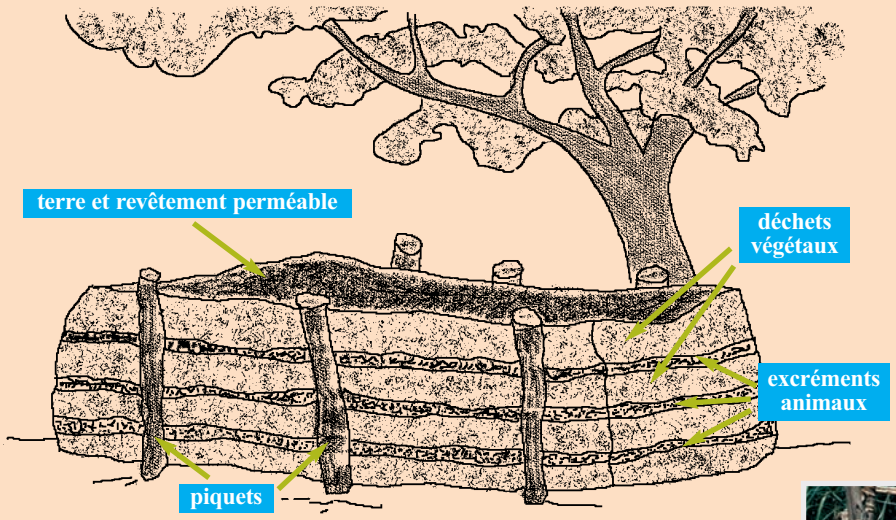
- la **décomposition** des matières est **plus rapide** et **plus complète**. Elle se fait en deux étapes:
  - ➪ **la première consomme l'oxygène de l'air**,
  - ➪ **la seconde n'a pas besoin d'être aérée**;
- l'**élévation de température tue** un maximum de semences et d'agents pathogènes. Au cœur du tas de matières, la température s'élève parfois jusqu'à 70 ou 80° degrés centigrades. Si on laisse aller le processus sans le contrôler, le tas peut brûler.
- le compost à chaud est **plus homogène** que le compost à froid, surtout **si le tas est retourné** de temps en temps au début de la fermentation. Lorsqu'il est retourné, les matières qui se trouvaient à l'extérieur du tas (et donc moins fermentées) sont amenées à l'intérieur.

La fermentation des matières putrescibles ne peut se faire qu'en **présence d'eau**. Relevons à ce sujet qu'il est plus facile de garder humide l'intérieur d'un tas bien formé que celui d'un tas irrégulier et mal accumulé.

Quelle que soit la méthode de fabrication du compost, **la présence d'eau est indispensable** à une bonne fermentation des matières. Il est donc nécessaire d'arroser le tas régulièrement.

La figure **885** présente schématiquement une méthode de compostage à chaud facilement réalisable dans les fermes familiales. Il en existe beaucoup d'autres et de plus perfectionnées, mais elles supposent de disposer de moyens d'investissement plus importants.

885 *Le compostage à chaud*



Le tas de matières à composter est construit dans un **endroit ombragé**. On évite de le placer en plein soleil. Il est **proche d'un point d'eau** car le processus de fermentation microbiologique ne peut se faire sans elle. Il faut **assez de place** autour du tas pour pouvoir le retourner après quelques jours de fermentation et d'échauffement. Le tas est **recouvert** de palmes, de feuilles, de terre, ou d'un autre recouvrement perméable.

Pour un compost de bonne qualité:

- ➪ veiller à l'**équilibre entre les matières carbonées et les matières azotées**. Si possible, les pailles et les branchettes sont hachées et sont avantageusement mélangées à des excréments animaux;
- ➪ **laisser chauffer le tas sans excès** (éviter qu'il se mette à brûler); s'il s'échauffe trop, le retourner;
- ➪ **arroser régulièrement** le tas afin d'abreuver les micro-organismes humificateurs









Sous les grands arbres, on trouve parfois de grandes quantités de matières végétales qu'on peut ramasser pour les composter à chaud, en tas ou en fosse. Il faut arroser pour que l'humification se fasse bien.

Matières à composter

Pour fabriquer du compost, il faut des **déchets riches en matières organiques et en éléments minéraux**:

- des **déchets végétaux** de toutes sortes: fanes, pailles, feuilles mortes (**886** à **888**), écorces, etc. La proportion de pailles cellulosiques ou de déchets ligneux ne doit pas être trop importante. Mieux vaut les **hacher**, si on en a la possibilité, ou les faire piétiner par le bétail dans les étables ou les enclos.

  Les déchets peuvent provenir des cultures ou être récoltés dans l'environnement;

- s'il existe dans les parages des mares ou des marigots, on peut utiliser la **végétation aquatique** (**889**). Dans certaines régions, on cultive *Azolla* dans les plaines inondées consacrées à la riziculture (**890**). Ce végétal symbiotique fixe l'azote de l'air. Sa culture, fréquente en Asie, n'est pas encore courante en Afrique;

- on utilise aussi des déchets compostables qui sont les **sous-produits de la transformation** des produits agricoles: pulpes de café, fibres de noix de palmes, drèches de brasseries, tourteaux divers, …

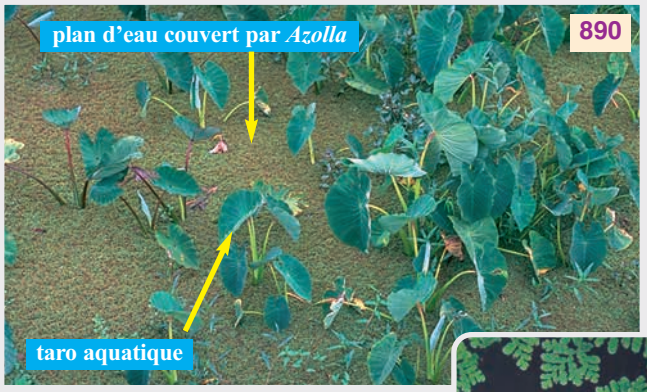
- **du fumier animal**; il peut être ajouté par couches successives aux déchets végétaux. Sa présence accélère le processus de décomposition et d'humification dans les tas à composter;

- **des cendres**; on les épand en couches fines, régulières, lors de la formation des tas; elles enrichissent le compost en éléments minéraux;

- **d'autres éléments**, nombreux, sont repris au tableau **893**. La décomposition de ces éléments est parfois très lente. Elle est donc intéressante pour un maintien durable de la fertilité.



Certaines végétations aquatiques sont des sources abondantes de matières compostables. Mais attention à ne pas compromettre l'équilibre écologique des mares et des cours d'eau en les surexploitant.





Azolla est une espèce symbiotique qui fixe l'azote de l'air en grande quantité. On la cultive dans les zones inondées, tant pour les matières fertilisantes qu'elle produit que pour l'alimentation des poissons ou des canards.



Les coquillages et les coquilles d'huîtres sont d'origine animale. Ils sont riches en calcium, mais il faut les piler ou les chauffer avant de les appliquer.

892



Les déchets de poissons sont riches en phosphore et en calcium.

893 Fertilisants organiques divers

- résidus végétaux industriels: pulpes, fibres, drèches, tourteaux
- purins végétaux
- compost
- déchets urbains triés
- algues séchées
- tourbes
- résidus animaux industriels: sang séché, écailles, cornes et os broyés ou torréfiés
- farines et écailles de poissons
- fientes de volailles, d'oiseaux, de chauves-souris
- purins et lisiers animaux
- fumier de ferme
- excréments de lapins, cobayes, etc.
- coquilles d'huîtres ou coquillages pilés
- marne
- termitières pilées

Ces matières sont utiles dans les jardins, sur des planches maraîchères ou des pépinières. Si on tient compte des quantités nécessaires, il est difficile de les appliquer dans les grands champs.

Méthodes d'application des engrais organiques

L'application des engrais organiques dans les champs et les jardins se fait de **plusieurs façons**:

- ils sont **déposés** simplement à la surface du sol, sous forme de mulch ou de pailles,
- ou concentrés sur les **lignes** ou les **poquets**,
- ou bien, ils sont **enfouis** dans le sol.

La technique dépend des caractéristiques de la culture. Si la **densité des semis est forte** et que le labour est fait à plat, comme dans le cas d'une rizière, on aura tendance à appliquer les fumiers de façon homogène, manuellement ou mécaniquement, **sur toute la surface du sol**.

Si la **densité de plantation est plus faible**, et que les pieds sont assez écartés les uns des autres, comme dans le cas du manioc, des mils, du gombo, etc., ou encore des arbres, on préfèrera appliquer l'engrais **autour des pieds, à proximité immédiate des racines**.

Paillage et mulching

Sur le plan fertilitaire, les pailles et le mulch remplissent **plusieurs fonctions**:

- ✔ ils se décomposent petit à petit et **restituent au sol leurs minéraux**;
- ✔ ils améliorent la **structure** du sol;
- ✔ ils **protègent le sol** contre le splash des pluies et le ruissellement. Ils **favorisent la porosité** du sol et l'infiltration de l'eau. Les colloïdes fertiles restent sur place;
- ✔ sous la paille ou le mulch, le sol reste humide plus longtemps qu'ailleurs, et **la vie y est plus forte** que là où il n'y a aucun dépôt végétal. Les processus d'humification se poursuivent plus longtemps que là où le sol est nu;
- ✔ les pailles ou le mulch **limitent l'évaporation** à la surface du sol. Dans les terres salées, ils limitent la cristallisation superficielle du sel.

Tous les mulchs n'ont pas les mêmes effets. L'équilibre entre le carbone et l'azote (rapport C/N) est important. Un mulch fait de feuilles fibreuses de bananier est par exemple plus efficace qu'un autre qui serait composé uniquement de pailles cellulosiques.

Fumure en poquets

La fumure en poquets permet de concentrer l'engrais organique à proximité immédiate des plants.

Nous avons déjà relevé la technique du "zaï" pratiquée au Burkina Faso. Elle consiste à **appliquer du fumier dans chaque poquet** ensemencé. Cette technique est économe car elle limite l'amendement à proximité des assiettes racinaires.

Enfouissement

On a le **choix** d'appliquer la fumure **en surface** du sol ou de l'y **enfouir.**

L'**application en surface** est la moins contraignante: la fumure est simplement rassemblée et étalée à la surface de la parcelle. Mais elle se dessèche facilement en l'absence de pluie, ce qui interrompt le processus d'humification.

L'**enfouissement des matières** exige un labour adéquat. Il est donc plus contraignant:

➟ soit on réalise un **labour mécanique** en veillant à ce que l'engin de labour retourne la terre au-dessus du fumier, ou du moins les mélange;

➟ soit on réalise des **buttes ou des billons** sous lesquels sont disposées les matières humifiables.

Le tableau **889**, repris dans *"Jardins et vergers d'Afrique"*, met en évidence trois façons de disposer des drèches de brasserie dans les billons d'un jardin.

Fumures et pulvérisation

Dans les jardins ou les pépinières, on peut appliquer de l'engrais sous forme liquide. Les purins filtrés peuvent être pulvérisés ou appliqués à l'arrosoir. On peut éventuellement y ajouter un peu d'engrais minéral soluble.

Cette méthode de fumure comporte des **avantages:**

▲ elle associe les effets de la **fumure** à ceux de **traitements phytosanitaires**;

▲ les purins contiennent de l'**azote directement utilisable** par les racines et les micro-organismes du sol. **Pulvériser sur les mulchs** ou les pailles peut **accélérer l'humification** de ceux-ci.

Les **contraintes** sont les suivantes:

▼ les purins doivent être **collectés** à l'étable, ce qui suppose un aménagement adéquat du sol;

▼ on doit disposer d'un **pulvérisateur** ou **d'arrosoirs**;

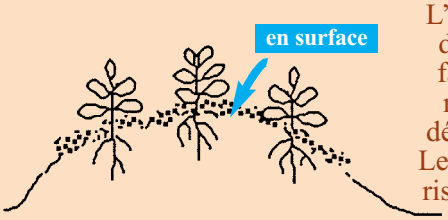
▼ on respecte les **règles d'hygiène** lors des manipulations;

▼ on respecte aussi un **temps d'attente** avant les récoltes et la consommation des plantes pulvérisées, pour éviter la propagation de maladies.

Notes

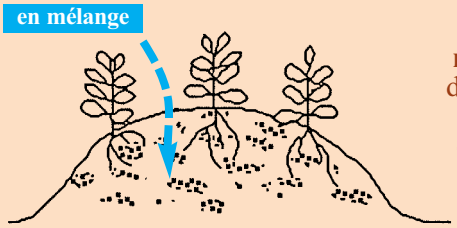
894 *Trois façons d'appliquer une fumure organique*

1 Les drèches sont déposées à la surface du billon



L'effet de la fumure est rapide si l'humidité en surface favorise sa décomposition, mais lente s'il fait sec. La décomposition est **aléatoire**. Les drèches posées en surface risquent d'être emportées par le **ruissellement**.

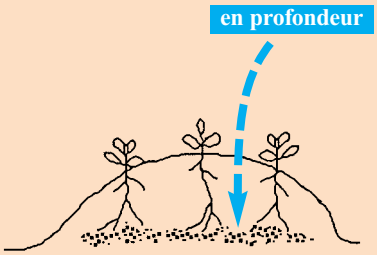
2 Les drèches sont mélangées à la terre du billon au moment du labour



L'effet de la fumure est **rapide**. L'air et l'humidité du sol favorisent sa décomposition. Les minéraux contenus dans les drèches sont rapidement mis à la disposition des racines.

3 Les drèches sont déposées sur la semelle du billon, avant sa confection

Disposées au fond du billon, les drèches se décomposent lentement, faute d'air. Les racines s'allongent pour aller se nourrir des minéraux provenant des drèches. Ce mode de fumure en profondeur a un **effet lent et prolongé**.



Quelles sont les ressources naturelles de matières organiques végétales et animales dont nous disposons? Quelles autres ressources utiles possédons-nous, qui puissent servir à la fumure et au compostage des terres, dans les grands champs et dans les jardins? Quels sont les sous-produits valorisables pour la fertilisation des sols qu'on peut trouver dans l'environnement artisanal ou industriel de la ferme?

Quelle organisation pouvons-nous adopter à la ferme et à la maison pour valoriser les matières fertiles, par exemple en les compostant? Quelles règles va-t-on fixer pour éviter les gaspillages d'éléments fertilitaires?

Comment faire pour associer l'élevage et l'agriculture de la ferme dans une optique fertilitaire?

Chapitre 37
Les engrais minéraux



Au chapitre 35, nous avons parlé d'atomes, de **molécules** et d'**ions**. Nous avons relevé au tableau **852** les **atomes** constituant ces molécules et ces ions.

Rappelons-nous. Les **MOLÉCULES** sont des **groupes d'atomes** plus ou moins nombreux. Les molécules sont en quelque sorte des familles d'atomes. Mais ces familles sont **plus ou moins stables ou instables**. Elles s'unissent ou se divisent selon les circonstances. Prenons quelques exemples.

La molécule du **sulfate de potassium** comprend deux atomes de potassium (K), un atome de soufre (S) et quatre atomes d'oxygène (O) qui forment ensemble une molécule. La formule du sulfate de potassium s'écrit comme suit: $\mathbf{K_2SO_4}$.

La formule du **carbonate de calcium** s'écrit $\mathbf{CaCO_3}$ parce que la molécule contient un atome de calcium, un atome de carbone et trois atomes d'oxygène. L'accumulation d'un grand nombre de molécules de carbonate de calcium forme une masse blanche. C'est ce carbonate qui forme la craie, la coquille de l'escargot, les coquillages, etc.

L'**urée**, elle, comprend d'une part du carbone et de l'oxygène, et d'autre part **deux ions NH_2** composés chacun d'un atome d'azote (N) et de deux atomes d'hydrogène (H). La formule complète de l'urée est $\mathbf{CO(NH_2)_2}$. Les ions NH_2 sont comme des sous-ensembles de cette molécule.

Dans le sol, et en particulier dans l'eau du sol, certains éléments quittent les molécules sous forme d'**IONS**. Certains d'entre eux ne comprennent qu'un seul atome, d'autres en comprennent plusieurs. Quelle que soit la composition, les ions sont chargés d'un peu d'**énergie électrique positive (+) ou négative (-)**

Les molécules citées ci-dessus se décomposent par exemple en ions tels que $\mathbf{Ca^{++}}$, $\mathbf{K^+}$, $\mathbf{H^+}$, $\mathbf{SO_4^-}$, $\mathbf{NH_2^-}$. Les ions chargés positivement, appelés **CATIONS**, vont être attirés par des ions chargés négativement, appelés **ANIONS**, ou vers des matières ayant une énergie négative, et inversement. Dans le sol, ce sont souvent les argiles qui attirent les ions à leur surface.

Ces indications tout à fait élémentaires nous permettront simplement de lire la composition atomique des substances qui sont proposées comme engrais chimiques (tableaux **896** et **898**)

L'interminable agitation des ions: acidité et alcalinité

L'énergie électrique des **ions** va faire qu'ils soient **constamment en mouvement**:

- ⇨ ils sont **dilués dans l'eau** et se déplacent avec elle dans les interstices du sol;
- ⇨ ils sont **attirés à la surface des grains** de sable;
- ⇨ ils **s'insinuent entre les feuillets des grains d'argile**;
- ⇨ ils sont **inclus** dans les colloïdes et l'humus;
- ⇨ ils **s'allient** avec d'autres ions.

C'est dans ce contexte agité que **les racines des plantes vont capter les ions** à travers la paroi de leurs poils racinaires, et les inclure dans leur sève. Pour cela, les racines doivent développer de l'énergie. Elles le font **en concurrence** tant avec divers matériaux du sol qui ont tendance à capter des ions qu'avec les micro-organismes qui tentent de s'en nourrir.

Dans les matériaux et dans l'eau du sol arable, l'agitation des ions est intense. Ils **se lient et se délient** constamment selon les circonstances du milieu pédologique: texture et structure du sol, présence d'humus, acidité ou alcalinité, attirances chimiques, température, humidité.

Les **ENGRAIS MINÉRAUX** sont des substances solides ou liquides qui fournissent au sol des ions assimilables par les plantes ou les micro-organismes vivants.

Les pH

Définition du pH

L'ion d'**hydrogène H+** a un tempérament très actif. C'est lui qui détermine l'**acidité** des substances chimiques.

Un **ACIDE** est une substance qui produit beaucoup d'ions **H+**. Citons l'acide sulfurique (**H_2SO_4**), l'acide nitrique (**HNO_3**) l'acide phosphorique (**H_3PO_4**), l'acide chlorhydrique (**HCL**), l'acide acétique (**CH_3COOH**) (vinaigre).

Une **BASE** est une substance qui produit des ions **OH^-** dits **hydroxydes** . Ces ions ont tendance à s'associer avec d'autres ayant une charge positive: calcium (**Ca^{++}**), magnésium (**Mg^{++}**), potassium (**K^+**), ammoniac (**NH_4^+**), et aussi **H^+**.

L'alliance des cations chargés positivement et des anions chargés négativement engendre des **SELS**. Ils sont **stables ou instables** selon les circontances. Cela veut dire que si les alliances peuvent être fortes, les séparations sont aussi très fréquentes. Les ions sont en fait constamment en déplacement, surtout si l'eau est présente. Nous relevons au tableau **896** une série de sels constituant les engrais chimiques. Tous sont capables de libérer des ions qui seront captés par les racines des plantes.

Les chimistes ont déterminé une mesure de l'acidité dénommée **pH** ou **POTENTIEL HYDROGÈNE**. Ils effectuent cette mesure au moyen de **pH mètres** ou acidimètres. L'**échelle du pH** va de **1 à 14** (**895**).

L'**eau distillée** a un pH neutre de **7**. Le nombre d'ions H^+ et OH^- est équivalent. En se liant, ils forment l'eau dont la formule chimique est **H_2O**. Mais dès que l'eau est en présence d'autres substances, certaines molécules peuvent se diviser en ions H^+ et OH^- qui iront se combiner avec d'autres ions présents dans le milieu.

895 ***Echelle du pH***

pH 1	**acide pur**
pH 7	**neutre (eau distillée)**
pH 14	**base pure**

L'eau de pluie a été distillée au moment où elle s'est évaporée dans l'air. Son pH est donc neutre. Mais dès qu'elle tombe sur le sol et qu'elle s'y répand, elle emporte des sels et se charge de toutes sortes d'ions. Ce sont ces ions que les racines des plantes et les micro-organismes vont puiser pour se nourrir.

Si les ions H^+ dominent dans la solution, le sol est acide. Si ce sont les OH^-, le sol est alcalin.

Acidité du sol

L'**acidité** d'un sol et de l'eau qu'il contient résulte de diverses circonstances:

- ❒ la **texture** du sol: sableuse, argileuse, organique,
- ❒ la composition de sa **roche-mère**,
- ❒ les substances acides provenant de la **végétation**,
- ❒ la **présence d'air** dans les interstices du sol,
- ❒ l'engorgement permanent du sol par l'eau et son **manque d'aération**,
- ❒ l'application de **substances acidifiantes** dégageant des ions qui, en se recombinant, fabriquent des molécules acides,
- ❒ et surtout la **microbiologie** du sol.

La plupart des sols tropicaux ont un pH qui se situe entre 3,5 et 6,5. Ces valeurs peuvent être dépassées vers le haut ou vers le bas.

Chaque espèce végétale a ses habitudes alimentaires. Certaines apprécient de se nourrir dans les sols acides, d'autres le supportent moins bien et préfèrent les sols alcalins.

Importance du pH et de l'acidité pour la structure du sol

Le pH des solutions qui circulent dans les interstices du sol influence fortement la structure du sol. Retournons au chapitre 14 pour nous rappeler l'importance des **colloïdes** qui s'allient à l'humus pour "coller" entre eux les matériaux (argiles, sable, déchets organiques) et former les grumeaux caractéristiques d'un sol bien structuré.

Lorsque la terre est acide, les colloïdes restent en **suspension** dans l'eau du sol. Ils sont donc emportés quand celle-ci se déplace par percolation vers le sous-sol ou par ruissellement en surface. Si on augmente le pH du sol, par exemple en y épandant des ions de calcium (Ca), de potassium (K) ou de magnésium (Mg), on provoque la **floculation** des colloïdes. Les flocons vont se fixer dans les grumeaux du sol avec les ions minéraux qu'ils contiennent. Là, ils seront atteints par les poils racinaires.

Le **CHAULAGE** des terres consiste à épandre de la chaux sur une parcelle, en vue de réduire son acidité. C'est une pratique importante de fumure minérale. En même temps qu'il provoque une transformation de la structure du sol, le chaulage libère une série d'ions assimilables par les plantes et les micro-organismes.

Les engrais minéraux

On appelle **ENGRAIS MINÉRAUX** des matières qui, en se diluant dans l'eau du sol, fournissent des ions nutritifs captables par les racines. Ils contiennent l'une ou plusieurs des substances de base relevées au tableau **852**. On caractérise leurs **comportements** lors des épandages selon plusieurs critères:

- ils sont **solubles** ou peu solubles dans l'eau. Dans le premier cas, ils ont une action rapide, dans le second cas, l'action est lente;
- ils sont composés soit de **molécules simples** apportant au sol un seul ou un petit nombre d'ions fertilisants, soit d'un **mélange de molécules** fournissant une diversité d'ions ayant des caractéristiques différentes. Dans ce cas, on parle d'engrais **composés**;
- ils sont **naturels** s'ils ont été puisés dans la nature, ou **artificiels** s'ils sont produits dans des industries chimiques.

Les engrais minéraux se regroupent donc en **plusieurs grandes catégories** selon:

- ❒ les **éléments minéraux** qu'ils apportent à la terre,
- ❒ la **forme** sous laquelle ils se présentent au moment de l'épandage: **solide** ou **liquide**. Cette forme détermine évidemment la méthode d'épandage.

Types d'engrais minéraux

Relevons quelques-uns des engrais simples **les plus courants**:

896 *Composition et formules des principaux engrais chimiques commerciaux*

Nom de l'engrais	Formule chimique	N	P	K	S	Ca	Mg
Ammoniac anhydre	NH_3	82					
Sulfate d'ammoniaque	$(NH_4)_2SO_4$	21			23		
Urée	$CO(NH_2)_2$	46					
Ammonitrates à haut dosage	NH_4NO_3	33,5					
Calcium ammonium nitrate (CAN)	id	26				12	
Nitrate de calcium	$Ca(NO_3)_2$	15,5				26	
Nitrate de potassium	$K(NO_3)_2$	13				44	
Phosphate naturel	apatite		28 à 38			35 à 50	
Phospal			34,5		11		
Super simple	$CaH_4(PO_4)_2$		16 à 24		9 à 12	28	
Super triple	$CaH_4(PO_4)_2$		45			20	
Phosphate monoammonique (MAP)	$((NH_4)H_2PO_4)$	11	54				
Phosphate diammonique (DAP)	$((NH_4)_2H_2PO_4)$	16 à 18	46 à 48				
Chlorure de potassium	KCl			60 ou 61			
Sulfate de potassium	K_2SO_4			50	18		
Sulfates doubles K et Mg							
Patentkali				28	18		8
SulfoMag				22	22		18
Kiésérite	$MgSO_4$			22		27	
Calcaire (carbonate de chaux)	$CaCO_3$					45 à 55	
Dolomie (variable: exemple)	$CaMgCO_3$					36	16
Chaux agricoles vives	CaO					75 à 95	
Chaux agricoles éteintes	$Ca(OH)_2$					50 à 72	
Soufre en fleur					100		

La deuxième colonne indique la composition de l'engrais. Les colonnes suivantes indiquent le pourcentage de l'élément noté au-dessus, par rapport au poids total de l'engrais.

Extrait du Mémento de l'agronome

- Les **ENGRAIS AZOTÉS** sont ceux qui apportent principalement de l'azote (N). Les mots "**nitrate**", "**nitrique**", "**ammoniacal**" ou "**ammonique**" indiquent que l'engrais fournit une proportion élevée d'azote.
- Les **ENGRAIS PHOSPHATÉS** apportent le phosphore (P). Leurs noms sont le plus souvent marqués par le radical "**phosphate**".
- Les **ENGRAIS POTASSIQUES** fournissent au sol du potassium (K). Leur appellation comprend le le radical "**potasse**".
- Certains engrais sont **CALCIQUES** ou **MAGNÉSIQUES**.

Le terme "**sulfate**" indique que les molécules de l'engrais contiennent du soufre.

897 Engrais complets en Côte d'Ivoire

espèce	N P K	soufre	autres éléments
Ananas	11-00-**27,5**	Base sulfate	+ 6MgO
Banane	12-04-**28**	7S	+ 6MgO
Cacaoyer	00-**23**-**19**	6,5S	+ 5MgO + 10CaO
Coton (centre)	15-16-15	6S	+ $1B_2O_3$
Coton (nord)	20-15-13	4S	+ $0,7B_2O_3$
Maïs	19-17-14	4S	+ 3MgO + 0,4Zn
Maraîchage	12-10-25	Base sulfate	+ 3MgO
Cocotier	00-00-**40**	11S	+ 9MgO + 22CI
Palmier à huile	00-00-**36**	13,5S	+ 11MgO + 18CI
Tabac	07-**21**-**23**	Base sulfate	+ 2,5MgO + 1CaO

Ce tableau reprend la liste des engrais conseillés par le *Mémento de l'agronome*, pour la Côte d'Ivoire. Les dominantes sont relevées en gras. Ces indications sont orientatives. Elles peuvent varier d'une région à l'autre et être adaptées en fonction des modes de culture.

Extrait du Mémento de l'agronome

Quand on parle des engrais minéraux, on exprime généralement en pourcentage la proportion des éléments qu'ils contiennent, comme on le voit au tableau **896**. On y voit que, même si l'un des éléments est dominant, la plupart des engrais contiennent d'autres éléments moins bien représentés. Ce sont souvent des micro- ou oligo-éléments. Ils sont soit utiles, soit toxiques pour les plantes ou pour la vie du sol.

Engrais complets

Les **ENGRAIS COMPLETS** sont des mélanges qui apportent au sol au moins les trois macro-éléments essentiels: l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). C'est pourquoi on les caractérise par le code N.P.K. Ils peuvent en outre contenir certains oligo-éléments tels que le soufre, le magnésium, le zinc, etc. On les dit complets parce que le mélange des matières fertilisantes est

898 Lire la composition des engrais



Un engrais ne vaut pas l'autre. **Chaque engrais** a ses caractéristiques propres qui peuvent être **adaptées selon la qualité du sol** qui le reçoit et **selon les besoins des plantes**.

Nous voyons ci-contre des sacs d'engrais avec les inscriptions suivantes:

Engrais complet

N.P.K. S H

14.23.15. + 6S + $1H_2O_3$

Ces chiffres 14.23.15 doivent être lus dans l'ordre N.P.K. Ils veulent dire que dans 100 kg d'engrais complet, il y a 14 kg d'azote, 23 kg de phosphore et 15 kg de potasse. À ces éléments s'ajoutent 6 kg de soufre (+ 6 S), de l'hydrogène (H) et de l'oxygène (O).

Grâce au code N.P.K., nous pouvons connaître la caractéristique principale d'un engrais. Voici quelques exemples:

N.P.K. 10.10.<u>20</u> contient beaucoup de potasse,

N.P.K. <u>30</u>.10.10 contient surtout de l'azote,

N.P.K. 20.<u>30</u>.5 contient beaucoup de phosphore et d'azote, mais peu de potasse.

étudié en vue de satisfaire complètement aux besoins alimentaires de telle ou telle espèce. Le mélange qui constitue un engrais complet correspond à **une culture précise, dans un milieu déterminé**.

Le tableau **897**, repris dans le *Mémento de l'agronome*, présente les compositions d'engrais complets suggérés en Côte d'Ivoire pour différentes cultures. Il nous indique comment on peut lire pratiquement la composition des engrais minéraux fournis par les services agricoles ou les firmes commerciales. En relevant les chiffres en gras indiquant les dominantes, nous voyons par exemple que l'engrais complet proposé pour l'ananas est tout à fait différent de celui qui est conseillé pour le maïs. Les engrais utilisés pour le coton, au centre du pays ou au nord, sont différents de ceux qu'on propose d'appliquer aux palmiers et aux cocotiers. C'est l'expérimentation en stations agricoles qui a amené la définition des formules. N'importe quel engrais ne convient pas, en fait, à n'importe quelle espèce.

Dans la pratique du commerce des engrais, on indique leur composition par quelques lettres, comme nous le voyons par exemple au tableau **898**.

Il n'est pas rare que des cultivateurs épandent des engrais complets, destinés par les services techniques et scientifiques pour une culture (coton ou arachide, par exemple), sur d'autres cultures (maraîchères, par exemple). Cette pratique comporte des **risques de gaspillage ou de toxicité** pour les plantes:

- **Une partie des éléments minéraux risque d'être inutilisée** par la culture et emportée par le lessivage. Par exemple, si le cacaoyer reçoit de l'azote, alors qu'il n'en a pas besoin, mais qu'il lui manque du phosphore ou de la potasse, l'engrais risque de ne pas être rentabilisé par un accroissement de production.
- **Le développement des plantes risque d'être orienté** de façon inattendue. A supposer que des cotonniers reçoivent les engrais destinés aux ananas, ils pourraient croître vigoureusement et produire une masse de feuillage, mais manquer de phosphore pour fructifier correctement.
- Il se peut qu'**une espèce cultivée devienne paresseuse** (**899**). Ce sera le cas par exemple lorsqu'une légumineuse (arachide, haricot, pois, etc.) reçoit trop d'azote minéral. Les racines consomment directement l'azote de l'engrais plutôt que de développer des nodules symbiotiques qui capteront gratuitement l'azote de l'air.
- Il se peut que **certaines formules d'engrais dégagent des acides** (sulfurique par exemple). L'application erronée d'engrais acidifiants sur des sols déjà acides pourrait entraîner la destruction de la structure du sol et de sa capacité d'échanger des ions avec les plantes.

Dans le domaine de la fumure, de nombreuses expériences doivent se faire continuellement, tant par les chercheurs que par les cultivateurs familiaux. La mise en relation des pratiques de fumures organiques et minérales doit être accentuée.

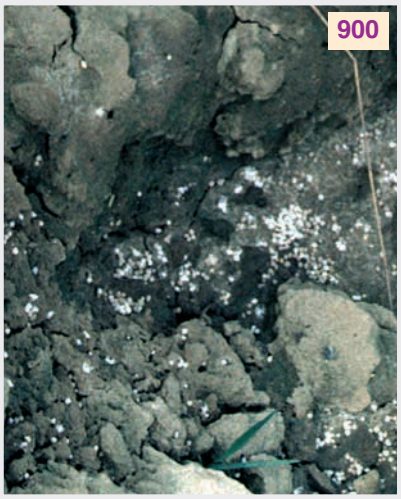
899 Légumineuses et fumure azotée



Les engrais azotés peuvent rendre les légumineuses fixatrices d'azote paresseuses. Plutôt que de puiser l'azote gratuit dans l'air, elles captent l'azote de l'engrais acheté.

Mieux vaut appliquer d'autres éléments minéraux que l'azote (P ou K, par exemple)

Mieux vaut aussi acheter un concentré des bactéries rhizobium, en vue de l'inoculer aux racines des légumineuses pour encourager l'assimilation de l'azote de l'air.



Granulés d'engrais en cours de dissolution dans l'eau de pluie

Notes

Solubilité des engrais minéraux

Les ions des engrais minéraux ne peuvent être utilisés par les plantes que s'ils se trouvent en solution dans l'eau du sol. Les engrais se caractérisent par leur **SOLUBILITÉ**. Certains se dissolvent dès qu'ils sont mélangés à de l'eau (l'urée par exemple), d'autres ne se dissolvent qu'extrêmement lentement (les phosphates naturels ou le carbonate de calcium, par exemple).

Les engrais solubles sont le plus souvent épandus en granulés (**900**). Mais ils peuvent aussi être pulvérisés sous forme liquide, à condition de ne pas brûler ou intoxiquer les feuilles.

Les engrais peu solubles sont enfouis dans le sol au moment des labours, ou simplement déposés en surface aux pieds des plantes.

La plupart des engrais azotés et des engrais potassiques sont très solubles dans l'eau.

Les cendres

Les cendres sont composées de sels minéraux divers. Lors de la combustion, le carbone et l'azote s'échappent dans l'air, laissant sur place les autres minéraux: calcium, magnésium, sodium, potassium, phosphore et micro-éléments divers qui se trouvaient dans la plante vivante. La composition des cendres dépend de celle des plantes consumées, qui elle-même dépend de la richesse du sol où elles ont poussé.

Dans les familles, les cendres sont abondantes sous les foyers ménagers. Elles sont donc utiles dans les jardins, comme les engrais minéraux de l'industrie. On les utilise en épandages ou en mélange dans les composts.

Choix des engrais

Choisir correctement les engrais à épandre dans les champs et sur les cultures n'est pas chose aisée. Plusieurs éléments doivent être pris en compte, outre les caractéristiques des engrais eux-mêmes, dont nous venons de parler: les caractéristiques du sol, les besoins des plantes et les exportations d'éléments minéraux résultant de leur culture, la vie du sol et la rentabilité des épandages.

Fumure de fond, fumure de campagne

Il faut aussi **considérer les objectifs** de la fumure. Concernent-ils la **fertilisation du sol à moyen et à long terme,** ou concernent-ils l'**alimentation immédiate des plantes** cultivées au cours de la campagne agricole en cours?

- ⇨ Dans le premier cas, on va parler d'une **FUMURE DE FOND**. Elle vise une **fertilité générale** de la parcelle, sans tenir compte outre mesure des espèces qui seront cultivées au cours des saisons successives. On va tenter de rétablir une bonne structure, de corriger l'acidité, d'encourager la vie du sol. Les engrais qu'on va apporter à la terre seront assez peu solubles, afin qu'ils restent sur place plutôt que d'être rapidement lessivés, et qu'ils **libèrent très progessivement leurs ions nutritifs**. Pensons aux phosphates naturels peu solubles, à la chaux, à la poudre d'os, aux écailles de poissons, au guano, et à tous les autres engrais organiques à décomposition lente. Ce type de fumure est très utilement accompagné d'une protection du sol contre l'érosion.
- ⇨ On peut aussi réaliser une **FUMURE DE CAMPAGNE**, ou fumure **circonstancielle**. L'engrais épandu est étudié spécifiquement pour une espèce déterminée. Les ions dégagés par l'engrais profitent **directement à l'espèce cultivée**, sans engendrer d'amélioration à long terme sur la fertilité générale du sol.

Les deux types de fumures sont parfois contradictoires. La fumure circonstancielle vise une rentabilité immédiate au cours de la campagne. Les plantes exploitent très activement les minéraux du sol. Parmi ces minéraux, il y a les oligo-éléments. S'ils sont présents en trop faibles quantités, les plantes rencontrent une limite. Dès lors que la réserve d'un des **oligo-éléments** est épuisée, celui-ci devient un **facteur limitant** de la production végétale au sens où nous l'avions décrit au chapitre 4.

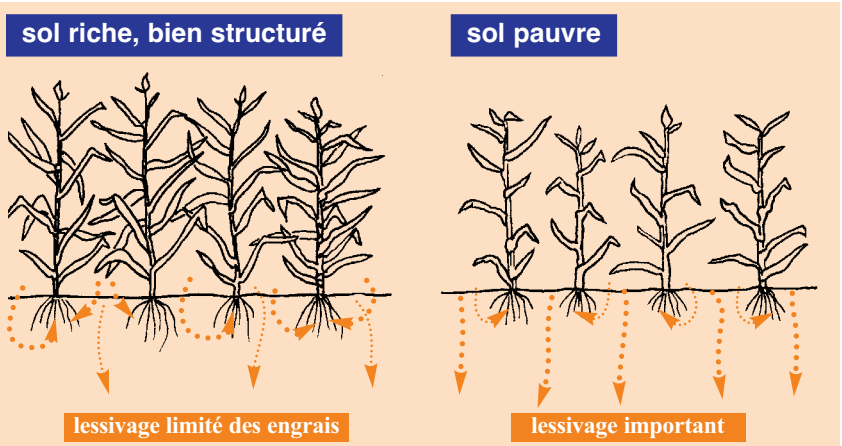
Engrais et caractéristiques du sol

Capacité d'échange du sol

La texture du sol, sa structure, son acidité, sa perméabilité, son aération, déterminent la **capacité d'un sol à échanger des ions** avec les racines des plantes. On parle de sa **CAPACITÉ D'ÉCHANGE**.

Un sol argileux très lourd a tendance à capter et à stocker l'eau et les ions entre les feuillets de ses grains d'argile. Les racines devront déployer beaucoup d'énergie pour les capter. Par contre, un sol sableux léger retient assez mal l'eau et les ions sur ses grains à surfaces lisses. Les ions seront entraînés aisément dans les couches profondes du sol où ils ne seront plus captables par les racines.

901 Engrais minéral et structure du sol



L'engrais minéral est plus abondamment stocké dans le sol bien structuré ou argileux que dans les sols légers et très perméables. Il y reste plus longtemps à disposition des racines.

Dans les sols sableux, légers et mal structurés, l'engrais minéral est largement lessivé. Les racines n'ont pas le temps d'en capter une grande part.

Par contre, si la structure du sol résulte d'un mélange de sable, d'argiles, de matières organiques, de colloïdes organisés en grumeaux, la capacité d'échange des ions est beaucoup plus élevée.

Engrais et vie du sol

Les engrais chimiques ont une influence très grande sur la vie du sol. Ils peuvent aussi bien l'accentuer que la détruire.

Ils **accentuent la vie du sol lorsqu'ils profitent aux plantes** et que celles-ci développent leur biomasse souterraine et aérienne. Des matières végétales abondantes restituées au sol servent de nourriture aux micro-organismes.

Ils peuvent aussi **détruire la vie dans le sol** en rendant les micro-organismes beaucoup plus actifs. Ceux-ci se "fatiguent" et meurent prématurément, ce qui rompt les équilibres de la vie dans le sol. Parfois, les engrais chimiques intoxiquent les micro-organismes.

Un bon engrais chimique est celui qui accentue la vie du sol sans la tuer.

Caractéristiques du sol et dépenses financières

Prenons le cas d'un champ de maïs dont la production est de 1.000 kg de grains. Lorsque la récolte quitte le champ, elle emporte avec elle 95 kg d'azote, 2,5 kg de phosphore, 3 kg de potasse et 0,3 kg de chaux. Ces quantités d'éléments doivent être rendues aux couches de sol exploitées par les racines de maïs.

Mais le lessivage entraîne les minéraux hors de portée des racines du maïs. Le lessivage est d'autant plus important que le sol est sableux et pauvre en matières organiques.

Comparons ce qui s'échappe en profondeur dans deux champs, l'un riche en matières organiques et de bonne structure, l'autre pauvre en matières organiques et de mauvaise structure (**901**).

N'entrons pas dans le détail pour le calcul de l'engrais. Mais prenons un exemple: si nous disposons d'un engrais N.P.K. adapté au maïs, pour ces deux champs de même superficie, il faut appliquer:

- sur le **premier champ dont le sol est riche** et bien structuré, environ 200 kg (soit 4 sacs de 50 kg). S'il coûte 70 francs C.F.A. le kilo, la dépense financière est de 14.000 francs;
- pour obtenir la même production sur le **second champ dont le sol est pauvre**, environ 300 kg (soit 6 sacs de 50 kg). Cela fait une dépense de 21.000 francs, soit 7.000 francs de plus.

Pour une même production, la quantité d'engrais à appliquer sur une surface donnée et la dépense varient donc selon les qualités du sol.

Engrais et rentabilité

Rentabilité immédiate ou à terme

La rentabilité de l'application d'engrais est un critère de choix essentiel. Il faut en effet que l'argent dépensé pour acheter l'engrais appliqué à une culture soit récupéré grâce à l'accroissement de récolte qui en résulte.

Cette rentabilité peut être vue à court et à long terme.

Certains engrais ont un **effet immédiat**. L'urée, par exemple, agit immédiatement sur le développement du feuillage et sur la production au cours de la saison culturale où on l'a appliquée. Mais on n'en trouve quasiment plus de traces au cours de la saison suivante.

La chaux agit sur la structure du sol. Nous avons vu qu'elle provoque la floculation des argiles. Le résultat

produira ses **effets durant plusieurs années**. De même trouvera-t-on des particules peu solubles de phosphates deux ou trois années après leur application.

Les **fumures de fond** ne sont réellement rentables qu'à moyen et long terme. Elles sont trop peu pratiquées étant donné l'**incertitude foncière** qui règne dans les campagnes africaines. Les usagers n'ont pas tendance à les mettre en œuvre dans un contexte où ils n'ont pas la certitude de pouvoir exploiter à long terme les terres amendées. Les propriétaires non usagers n'investissent pas dans les amendements. Seuls des propriétaires exploitant eux-mêmes leurs terres trouvent un intérêt certain à réaliser une fumure de fond.

Les fumures de campagne trouvent une rentabilité immédiate, au cours de la saison de leur application. Dans les agricultures commerciales, elles sont souvent liées à des systèmes de **crédits de campagne**. Le crédit accordé en début de saison pour obtenir les intrants est remboursé à la fin des récoltes, en prélevant les remboursements.

On parle d'**ARRIÈRES EFFETS** d'un engrais pour indiquer que celui-ci, appliqué au cours d'une saison culturale pour les cultures commerciales, manifeste encore quelques effets au cours de la saison suivante.

Rentabilité indirecte

Plus haut, nous avions relevé que l'engrais chimique minéral pouvait servir à produire de la biomasse fertilitaire dans des cultures de fourrages ou d'engrais verts, ou même dans certaines jachères contrôlées. Les effets de telles applications se font également sentir à moyen et à long terme, tant sur la composition chimique du sol que sur sa structure.

Ces explications indiquent que **la rentabilité** des engrais chimiques achetés **peut être calculée de plusieurs façons**:

- ⇨ **accroissement direct** de la récolte saisonnière par rapport à la dépense d'engrais;
- ⇨ **accroissement de plusieurs récoltes** successives par rapport à l'application d'une fumure de fond;
- ⇨ accroissements **indirects**. L'engrais appliqué sur une espèce profitera à d'autres espèces. Par exemple, en appliquant un engrais sur une culture fourragère, on produira du fumier qui profitera à la terre ou à d'autres cultures;
- ⇨ **accroissements conjoints directs et indirects** des récoltes et de la biomasse fertilitaire, par rapport à l'application de fumure à effet immédiat ou de fumure de fond. Le tableau **902** fournit un exemple. Le sol de la palmeraie est couvert par la

902 Fumure organique et minérale d'une palmeraie



Le puéraria est associé au palmier à huile. Il couvre bien le sol, il est une plante nettoyante. Il peut être pâturé par le bétail. L'ombrage du palmier peut gêner le développement du puéraria. Il est alors possible d'élaguer les palmes pour laisser pénétrer la lumière dans l'étage inférieur.



Le puéraria assimile l'azote de l'air à partir de ses nodosités. Cette assimilation est plus active quand il reçoit un peu de potasse, de phosphore et de calcium. Les palmiers bénéficient aussi directement de ces apports.

L'azote de l'air ne coûte rien alors que l'azote minéral contenu dans les engrais chimiques commerciaux coûte cher. Le puéraria utilise l'engrais minéral épandu sur la palmeraie pour produire de la matière vivante qui, lorsqu'elle retombera au sol, produira de l'humus. Celui-ci améliorera la structure du sol et sa fertilité à court et à long terme.

légumineuse puéraria. En encourageant la production biomassique de cette herbe avec un peu de potasse et de chaux, on apporte indirectement des minéraux aux palmiers, dans le cadre d'un long processus d'humification et de minéralisation.

Engrais et besoins alimentaires des plantes cultivées

Les espèces végétales ont chacune leurs préférences alimentaires, à chacun des stades de leur développement. On considère souvent que les besoins en azote sont importants aux phases de croissance et de développement du feuillage, alors que le phosphore et le potassium sont nécessaires lors de la fructification et de la tubérisation. On appliquera donc les engrais en conséquence.

Mais il y a aussi les **exportations de minéraux** en même temps que les produits récoltés. Logiquement, il faut que les engrais épandus compensent ces exportations, en particulier celles de phosphore, de potasse et d'oligo-éléments.

Ce sont des analyses en laboratoire et en stations agricoles qui déterminent et les préférences alimentaires, et les exportations de minéraux. Le travail des scientifiques est donc indispensable pour la détermination des doses d'engrais à appliquer.

Les connaissances scientifiques dans le domaine des exploitations familiales sont limitées. Les cultivateurs sont souvent laissés à eux-mêmes pour ce qui est des cultures non commerciales. Nombreux sont ceux qui expérimentent empiriquement des applications d'engrais minéraux. Les résultats sont souvent difficiles à interpréter sur le plan technique.

Les **conseils élémentaires** qu'on peut donner pour ces expérimentations à la ferme sont les suivants:

- ❍ expérimenter les engrais simples plutôt que composés ou complets, afin de **percevoir séparément** les effets de chacun des éléments N., P. et K.;
- ❍ suivre les effets sur les **plantes cultivées** mais aussi sur le **sol** et sur la **végétation adventice**;
- ❍ **noter précisément** les quantités d'engrais appliquées et les accroissements de récolte obtenus;
- ❍ procéder à des **essais comparatifs**, certaines parcelles bénéficiant de la fumure, d'autres pas.

Munis des observations faites dans le cadre de ses essais empiriques, le cultivateur a intérêt à interpeller lui-même les chercheurs afin qu'ils enrichissent leur expérimentation sur le plan de la méthode.

Les besoins des plantes varient dans le temps

Les besoins en nourriture varient selon la période du cycle végétatif. Prenons le cas de l'arachide dans le tableau **903**. Chaque section parle d'une période de la vie de l'arachide, de son état, de ses activités et de ses besoins alimentaires.

L'arachide fournit un exemple parmi d'autres. Chaque espèce réagit différemment, qu'elle soit saisonnière ou pérenne. Sans une analyse scientifique approfondie, il n'est jamais possible d'ajuster avec précision la distribution d'engrais et les besoins des cultures. Il existe donc toujours un risque d'inadéquation ou de gaspillage de la fumure minérale. C'est pourquoi il est nécessaire de procéder à des expérimentations détaillées et de se faire appuyer pour cela par la recherche agricole.

Bien utiliser les engrais minéraux

Placer l'engrais minéral au bon endroit

Il existe **plusieurs méthodes** pour épandre l'engrais:

- ➟ on peut le semer **uniformément** sur le champ: on dit alors qu'on le sème à la volée,
- ➟ on peut l'épandre **sur les rangées** de plantes cultivées ou entre ces rangées,
- ➟ on peut aussi le placer **au pied** de chaque plante,
- ➟ parfois, on le sème **en même temps que les semences**, dans chaque poquet,
- ➟ on peut **enrober** des semences avec une pâte argileuse contenant des engrais minéraux,
- ➟ certains engrais solubles peuvent être **pulvérisés**.

Pour les engrais de fond, on les épand à la volée sur toute la surface de la parcelle. Par contre, pour les engrais destinés spécialement aux plantes cultivées, l'engrais minéral doit être déposé là où sont les racines et plus particulièrement à proximité des poils racinaires. Il faut donc connaître les racines des plantes qu'on veut engraisser et leur position dans le sol. Prenons quelques exemples.

Voici la patate douce, cultivée sur des buttes (**904**). L'engrais doit être placé au sommet des buttes. Si on le place au fond du sillon, les racines de la patate n'en profiteront pas. Ailleurs, la patate est encore sur des

903 Besoins en fumure selon les phases du cycle végétatif de l'arachide

1 Germination et levée

Avant d'être semée, la semence d'arachide est sèche et dormante. Elle respire très peu. Après le semis et dès que les pluies ont suffisamment mouillé le sol, la semence d'arachide gonfle et s'imbibe d'eau. Elle se met à respirer l'air du sol. La radicule apparaît, puis la tigelle. Rapidement, la jeune plante se développe à la surface du sol, avec ses deux premières feuilles et sa courte tige.

Au tout début de sa vie, la jeune plante d'arachide compte uniquement sur la nourriture accumulée dans les cotylédons de la semence. **Les réserves des cotylédons contiennent tous les éléments minéraux nécessaires**: l'azote, le phosphore, la potasse, …

L'épandage d'engrais est prématuré à cette époque, sauf s'il s'agit d'engrais qui se diluent lentement dans le sol. Dans ce cas, ils seront à la disposition des plantes dans les phases suivantes du cycle végétatif.

2 Croissance

Une fois que la jeune plante d'arachide est bien établie, elle se met à croître. De nouvelles tiges et feuilles apparaissent. C'est dans le sol que l'arachide croît le plus rapidement. Elle construit son enracinement d'abord en profondeur, puis en largeur. C'est son principal travail à cette période. Des nodosités apparaissent sur les jeunes racines.

Les réserves de la semence sont épuisées. **Les besoins en éléments minéraux sont élevés, car il faut construire les racines et les tiges**.

Si le sol est riche, cette construction est facile et rapide. Si le sol est pauvre, les éléments minéraux devant construire la plante manquent. Celle-ci reste maigre.

C'est le **phosphore** qui est le plus recherché par l'arachide. Il favorise l'extension des racines et l'activité des nodosités. Celles-ci puisent l'azote de l'air à travers leurs nodosités et l'utilisent pour construire la plante.

3 Floraison

L'épandage d'engrais est utile à cette époque.

Pendant que le feuillage poursuit sa croissance, les premières fleurs s'ouvrent. Deux ou trois semaines plus tard, c'est la pleine floraison. A ce moment, le feuillage a pratiquement achevé son développement. Les nombreuses feuilles sont très actives, elles préparent les réserves de nourriture qui serviront plus tard à remplir les gousses.

Les besoins en nourriture sont élevés, surtout en azote. Les nodosités sont en pleine activité, car le développement du feuillage et des fleurs exige de grandes quantités d'azote.

Il est possible de vérifier si les nodosités sont actives en examinant la couleur de leur chair quand on les écrase entre les doigts. Si leur couleur est rouge, les nodosités sont en pleine activité.

L'arachide puise aussi dans le sol d'autres minéraux, mais ils ne sont pas tous utilisés en même temps. **Une partie est utilisée directement par la plante, une autre est mise en réserve** dans les tiges et les feuilles. Ces réserves seront utilisées plus tard pour remplir les gousses.

4 Nouaison

L'époque de la nouaison est celle où les gousses se forment et où les gynéphores s'allongent et s'enfoncent dans le sol (ce sont les tiges qui portent les gousses).

Pour former ses gousses et les remplir, l'arachide a besoin de beaucoup d'**azote** et de **phosphore. Une partie de ces minéraux est puisée directement dans le sol par les racines. Une autre partie provient des réserves** dont on a parlé dans la colonne précédente. Ces réserves sont transportées des feuilles et des tiges vers les gousses.

L'épandage d'engrais est particulièrement utile à cette époque pour favoriser les mises en réserve d'éléments minéraux.

suite →

903 *(suite)*

5 Fructification et maturation

Les gousses sont enfoncées dans le sol. Elles se remplissent. Les substances mises en réserve dans les feuilles se déplacent vers les gousses.

Pour se remplir, **les gousses ont besoin de minéraux. Elles les puisent dans les feuilles et les tiges**. C'est pourquoi celles-ci jaunissent. Les racines devenues inactives se dessèchent petit à petit.

Les trois quarts du phosphore puisé dans le sol par l'arachide au cours de la saison se retrouvent dans les gousses, de même que les deux tiers de l'azote et la moitié de la potasse. Tous ces minéraux sont exportés du champ en même temps que les récoltes.

D'autres minéraux, comme le calcium, le magnésium et la plupart des oligo-éléments, restent dans les tiges et racines desséchées.

L'épandage d'engrais est devenu inutile à cette époque, car les racines ne travaillent plus.

billons, et le maïs est semé dans les sillons. L'engrais pour la patate sera placé au sommet du billon, alors que celui du maïs sera appliqué dans le sillon, à proximité des racines de cette plante.

La figure **906** représente trois étapes d'une plantation de caféiers. On voit qu'à chaque étape, la localisation des racines et des poils racinaires est différente. Il faut donc appliquer l'engrais aux endroits correspondants.

Enfouir les engrais dans le sol

Lorsqu'on en a les moyens, il vaut mieux enfouir les engrais dans le sol, à faible profondeur. Rappelons-nous que les racines se dirigent vers les endroits où il y a de la nourriture. Si l'engrais reste en surface, les racines pourraient se diriger vers cette surface quand elle est assez humide, et risqueraient de se dessécher en même temps qu'elle par l'action du soleil et du vent. C'est pourquoi il est mieux d'enfouir les engrais, soit à la houe, soit avec une butteuse passant entre les lignes (**907**). N'oublions pas que les granules d'engrais ne libèrent leurs ions qu'en présence d'eau.

L'enfouissage des engrais est aussi indispensable lorsqu'il y a des risques de ruissellement. L'eau ruisselant sur le champ emporte les minéraux.

Lutter contre le lessivage des engrais

Il y a **lessivage** de l'engrais lorsqu'il est entraîné hors de la couche arable. Le lessivage résulte soit de l'**infiltration de l'eau** vers le sous-sol, soit de son **ruissellement** vers l'extérieur de la parcelle. Quel que soit le mode de lessivage, la couche arable du sol est appauvrie.

On peut lutter contre le lessivage des engrais de plusieurs façons:

- **enrichir le sol en matières organiques**: la matière organique retient l'eau et les sels minéraux;
- **favoriser le développement des racines**: plus le volume de l'enracinement est grand, plus la plante capture des sels minéraux. Les sels qui sont capturés par les plantes ne s'échappent pas en profondeur;
- **associer des plantes dont l'enracinement est différent**. Lorsque l'eau s'infiltre, les plantes dont l'enracinement est superficiel capteront d'abord l'engrais. Les sels qui passent à travers les enracinements superficiels pourront être puisés par les racines plus profondes;
- **distribuer les engrais minéraux au moment où les plantes cultivées en ont le plus besoin**. Il faut choisir les périodes les plus adéquates;
- **donner de petites doses successives** à proximité des racines, afin d'éviter que les plantes ne laissent échapper trop de sels, faute de pouvoir les utiliser immédiatement. En fait, **on fractionne** les doses.

904 ***Localiser l'engrais à proximité des racines***



L'engrais minéral pour la patate est placé dans la terre, au sommet du billon. Celui du maïs est placé dans le sillon, à proximité des racines.

Le lessivage des engrais peut aussi avoir lieu lorsque l'eau ruisselle sur le champ. Imaginons que le cultivateur du champ de la photo **908** y ait épandu de l'engrais quelques heures avant la pluie. On peut douter que la moindre quantité profite aux plantes. Pour éviter les pertes d'engrais par ruissellement de l'eau de pluie, toutes les méthodes de lutte rencontrées dans les chapitres précédents sont intéressantes.



Cette jeune fille dépose une petite poignée d'engrais à côté de chaque poquet de cotonniers.

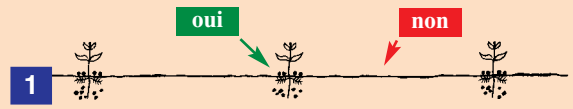
Fractionner la distribution des engrais

Sous les climats tempérés (comme en Europe), les pluies sont peu agressives et les sols retiennent assez bien les sels minéraux. Le lessivage existe, mais il est plutôt lent.

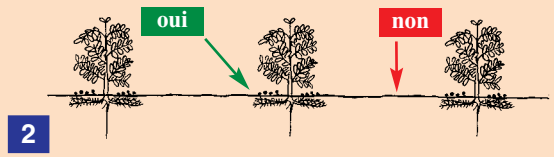
Sous les climats tropicaux africains, c'est le contraire: les pluies sont souvent agressives, surtout au début des saisons pluvieuses, et les sols sont très facilement lessivés.

Supposons un instant qu'après l'application d'engrais minéraux, il tombe une pluie torrentielle. La grande masse d'eau qui s'infiltre dans le sol emporte vers la nappe phréatique peut-être la moitié ou même les trois quarts de l'engrais qui vient d'être semé. Cela constitue donc une grande perte pour le cultivateur.

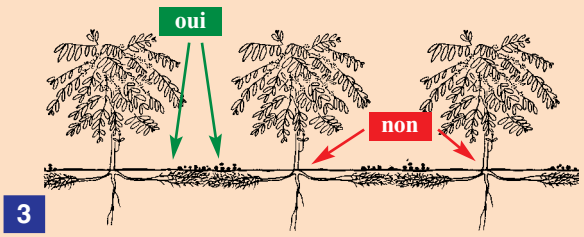
906 Placer correctement les engrais



Au moment de la plantation, l'engrais est déposé dans le trou de plantation.



Lorsque les arbres sont en croissance et que l'enracinement n'est pas étendu, l'engrais est déposé à proximité des pieds.

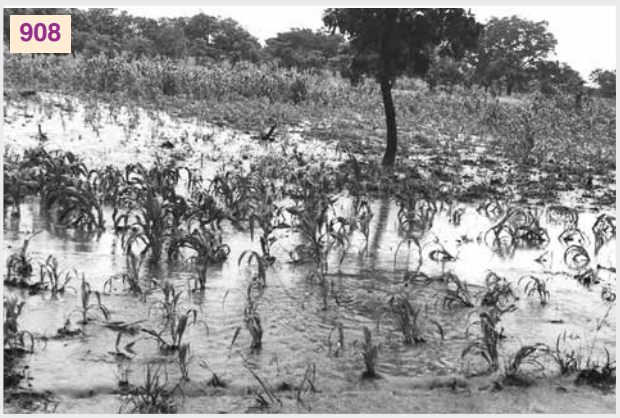


Si les racines se sont allongées et que leur chevelu racinaire se trouve à distance du pied, on dépose l'engrais à proximité de ce chevelu.

Notes



La butteuse mécanique enfouit l'engrais déposé dans les lignes de cotonniers.



Après le passage de l'eau sur cette parcelle non protégée contre le ruissellement, on ne trouve plus trace de l'engrais épandu quelques heures auparavant.

C'est pour éviter un tel risque qu'il vaut toujours mieux **fractionner** l'épandage des engrais minéraux. Le **FRACTIONNEMENT** consiste à distribuer aux plantes de petites quantités à quelques semaines d'intervalle, plutôt que de leur donner toute la dose prévue en un seul passage. Par exemple, au lieu de distribuer 300 kilos d'engrais sur son champ en une seule fois, on passera trois ou quatre fois dans le champ pour donner 100 ou 75 kilos à chaque passage.

Fractionner la distribution des engrais est donc une façon de diminuer les risques d'une mauvaise efficacité de l'engrais.

Fractionner la distribution de l'engrais, **c'est aussi s'adapter aux besoins des plantes**. Ceux-ci changent au cours de la saison, comme nous l'avons vu plus haut. A chaque passage, il est possible d'appliquer un engrais adapté à la période de vie des plantes.

Un **premier exemple** d'épandage fractionné d'engrais est celui qu'on observe dans certaines plantations de bananiers, situées dans une zone humide de la Côte d'Ivoire.

- ➟ On place un engrais phosphaté dans les trous de plantation des bananiers. Il s'agit d'un engrais qui se dilue très lentement.
- ➟ L'azote et la potasse sont épandus six fois entre le moment de la plantation et celui de la fructification. Ils sont placés à proximité des plants.
- ➟ La chaux et divers oligo-éléments sont distribués deux fois aux bananiers: une première fois au moment de la plantation, une seconde fois six mois plus tard.

L'application d'engrais est donc fractionnée en neuf parties.

Un **second exemple** de fractionnement des engrais, portant sur le sorgho, est représenté au tableau **909**.

Fractionner l'épandage d'engrais, c'est donc **diviser les quantités** et **varier les qualités d'engrais** pour mieux répondre, à chaque moment, aux besoins des plantes et pour risquer le moins possible le lessivage des minéraux par les eaux de pluies.

Notes

Utiliser les engrais minéraux n'est pas sans inconvénients

Difficultés liées aux engrais chimiques

Il arrive que des cultivateurs ayant utilisé des engrais minéraux durant plusieurs années soient confrontés à certaines difficultés.

- ▼ Parfois, on constate que les plantes poussant sur des terres régulièrement amendées avec des engrais chimiques sont davantage soumises aux **maladies** et aux **attaques** des ravageurs. En quelque sorte, elles produisent, mais elles ne sont pas très résistantes.
- ▼ Il se peut que la **qualité des produits** souffre de l'application d'engrais chimiques. Parfois, les produits sont **moins fermes** et pourrissent plus vite que ceux des champs n'ayant pas reçu d'engrais minéraux ou des parcelles bénéficiant d'engrais organiques. Dans certains cas, on constate une **altération du goût** des produits consommés due à l'utilisation intensive d'engrais chimiques.
- ▼ Il se peut aussi que, par suite de l'épandage d'un engrais inadapté, les plantes se mettent à **produire des feuilles au détriment des fruits et des graines**.

Explications des difficultés

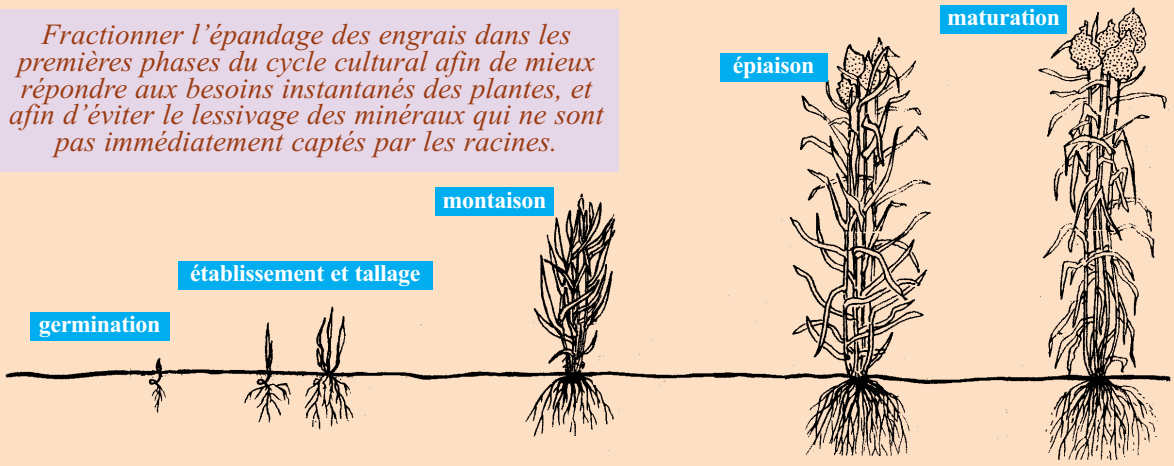
Comment expliquer l'existence de ces difficultés?

L'engrais active la vie dans le sol. Les micro-organismes qui s'en nourrissent détruisent la matière organique. En rendant plus active la vie des micro-organismes, l'engrais accélère la destruction de la matière organique. La structure du sol peut alors s'abîmer, les sels minéraux et l'eau qui sont contenus dans les matières organiques s'en échappent et sont lessivés.

Un deuxième danger est que les engrais minéraux du commerce contiennent beaucoup d'azote, de phosphore et de potasse, alors qu'ils contiennent **peu d'oligo-éléments**. On comprend que si l'engrais N.P.K. active les plantes, celles-ci doivent puiser beaucoup plus d'**oligo-éléments** dans le sol. Ceux-ci quittent la terre avec les produits de récolte et **ne sont pas remplacés** puisque l'engrais N.P.K. appliqué n'en contient pas. Petit à petit, les réserves d'oligo-éléments du sol s'épuisent et les plantes ne trouvent plus tout ce qu'il leur faut. C'est comme si, dans le plat, il ne reste que la boule, sans plus de sauce. Le sol reçoit beaucoup de nourriture, mais les plantes n'arrivent plus à manger et à travailler parce qu'il leur manque l'un ou l'autre oligo-élément indispensable. Il peut alors y avoir une **CARENCE** en oligo-éléments.

909 Fractionnement de la fumure selon le déroulement du cycle végétatif du sorgho

Fractionner l'épandage des engrais dans les premières phases du cycle cultural afin de mieux répondre aux besoins instantanés des plantes, et afin d'éviter le lessivage des minéraux qui ne sont pas immédiatement captés par les racines.





Le quatrième épandage est fait durant la montaison, au moment où les plantes fabriquent beaucoup de matières vivantes.

Un troisième épandage d'engrais est réalisé peu avant la montaison. Il comprend de l'**azote** et de la **potasse**.

Un deuxième épandage est fait au moment du semis. C'est un engrais minéral qui comporte du **phosphore**, de la **potasse** et de l'**azote**. En général, le phosphore et la potasse se diluent lentement dans le sol, contrairement à l'azote qui se dilue plus rapidement.

Le premier engrais est du **fumier animal** répandu sur le champ par les animaux de passage durant la saison sèche et les kraalages successifs. Il est enfoui dans le sol au moment du labour.

Ces oligo-éléments sont un peu comme la noix de cola. Elle ne nourrit pas celui qui en est friand mais, quand elle vient à manquer, il est moins dynamique.

Les **oligo-éléments** sont donc un **facteur limitant de la fertilité** du sol. Prenons l'exemple d'un homme sportif. Pour être en bonne santé, cet homme doit manger des plats diversifiés, il doit mordre, saliver, goûter à la pâte, à la viande, à la sauce, il doit courir, se démener. Si par facilité ou par paresse, il ne mange plus que des aliments abondants qu'il ne faut pas mordre (par exemple la pâte), et qu'il cesse de faire du sport, sa santé et sa force vont diminuer.

Les plantes sont un peu pareilles. Lorsqu'on leur présente une nourriture facile qu'elles ne doivent pas conquérir dans le sol, leur chair devient moins ferme et leur capacité de résister aux maladies diminue.

On peut dire, d'une façon générale, que l'application d'engrais minéraux permet d'augmenter le rendement immédiat des cultures, mais que la **santé des plantes est souvent plus fragile** et que la qualité des feuilles ou des fruits exploités s'en ressent. C'est d'ailleurs une des raisons pour lesquelles celui qui utilise de grandes quantités d'engrais chimiques sur les cultures doit aussi utiliser des pesticides. Les plantes alimentées de la sorte sont en général moins résistantes par elles-mêmes aux ravageurs.

Parfois, **l'application d'engrais entraîne la plante à produire beaucoup de feuilles**. Ces feuilles vont transpirer de l'eau en abondance. Si les pluies sont rares, il se peut que l'effet de l'engrais soit d'augmenter le dessèchement de la terre.

Éviter les inconvénients

Pour **éviter les inconvénients** des engrais minéraux, il existe plusieurs moyens:

- **combiner la fumure minérale avec la fumure organique,**
- **associer plusieurs espèces** de plantes sur une même parcelle et créer des synergies pour l'utilisation des engrais,
- **fractionner les épandages** et adapter le dosage des engrais à chaque période de la vie des plantes,
- **choisir des engrais naturels** plutôt que des engrais chimiques artificiels,
- **ne pas abuser** des engrais.

Ajoutons ceci: certaines variétés de plantes sont bien adaptées au milieu naturel dans lequel elles vivent depuis longtemps. Elles sont rustiques. Donnez-leur de l'engrais et peut-être verrez-vous qu'elles en souffrent. Celui qui s'engage dans l'utilisation intensive des engrais est souvent amené à acheter de nouvelles semences qui ont été spécialement sélectionnées pour les champs bénéficiant d'engrais. Une question importante est alors à poser: pourrons-nous acheter les semences sélectionnées et tous les produits qu'il faudra pour la santé des plantes qui proviendront de ces semences? A ce sujet, revoyons les tableaux du chapitre 27 consacré aux semences.

910 Une pratique de fertilisation particulière: l'écobuage





L'**ÉCOBUAGE** est une pratique qui consiste à entasser des pailles et des branchettes, puis à les recouvrir d'une épaisse couche de terre. L'herbe est alors mise à feu et se consume sous cette couche. Sous l'effet de la chaleur, les argiles libèrent du phosphore, de la potasse et d'autres minéraux qui seront ensuite exploités par les cultures. Les matières organiques sont par contre détruites et devront être remplacées par des apports de fumier, au moment de cultiver les buttes.

Quels sont les besoins alimentaires en minéraux de nos plantes cultivées? Quelles sont les conditions à respecter pour que les applications d'engrais profitent aussi bien aux plantes qu'au sol? Quels sont les dosages efficaces? Comment faire pour éviter les gaspillages d'engrais par ruissellement et lessivage? Quelle est la rentabilité des engrais pour la production à court terme et la fertilité à long terme? Quels sont les risques que nous pouvons encourir lors d'applications inadéquates d'engrais minéraux?



Partie 12
La santé des plantes

Cette partie va parler des dégâts qu'on peut constater sur les plantes cultivées. Il y a des dégâts dus à l'environnement et au climat, d'autres à l'action de l'homme. D'autres encore proviennent d'une mauvaise alimentation des plantes, d'attaques de parasites et de ravageurs.

Constater les dégâts sur une culture est assez facile. Par contre, décrire ces dégâts avec précision pour en connaître les causes et les qualifier est plus difficile. Les agents qui causent la maladie sont souvent invisibles à l'œil nu, ou ont quitté les lieux après avoir réalisé leurs méfaits. Face aux dégâts observés sur une culture, et avant de vouloir y remédier, la première chose à faire est pourtant de désigner le responsable.



Chapitre 38
Maladies et parasites des plantes

Les végétaux souffrent de toutes sortes de maux. Certains n'ont pas de grandes conséquences sur le développement des plantes qu'ils affectent, d'autres sont mortels. En agriculture, la santé des plantes est une préoccupation majeure. Qu'une attaque ou une maladie apparaisse, et c'est toute une part de la production qui est mise à mal. L'observation de la santé des plantes et les luttes phytosanitaires constituent donc un très large pan de l'activité agricole. Mais comment faire pour s'y retrouver?

Ce chapitre fait une sorte d'inventaire, certes très incomplet, des types de dégâts qu'on peut observer sur les plantes cultivées. C'est une première approche. Nous aborderons ensuite les moyens de lutte, qu'il s'agisse de l'hygiène ou des traitements. Deux livres compléteront largement l'information de ceux qui voudront aller plus loin:

- *"Ravages aux champs, c'est signé"* permet de faire un **diagnostic** précis des ravageurs et des maladies. Chaque ravageur laisse sa **signature**;
- *"Champs et jardins sains"* aborde des pratiques de lutte phytosanitaire. Par des règles d'**hygiène**, ou par des **traitements** utilisant des produits naturels ou artificiels.

Ces livres font partie de la collection Terres et Vie dont les ouvrages sont repris dans l'annexe bibliographique.

Quelques définitions

Dégâts, ravages, attaques, incidence

Dans le domaine de la phytopathologie et de la phytosanté, il y a lieu d'être précis sur les termes qu'on utilise. Définissons-en quelques-uns.

Le radical "phyto", adjoint à certains mots, indique que l'on parle des plantes ou des végétaux en général. La **PHYTOPATHOLOGIE** désigne ce dont les plantes souffrent. Les mots **PHYTOSANTÉ** ou **PHYTOSANITAIRE**, pour leur part, désignent ce qui a trait à la santé des plantes.

Les **DÉGÂTS** sont les destructions qu'on constate sur des plantes suite à des attaques ou des maladies. Ils résultent de causes extérieures ou intérieures à ces plantes. Les causes de dégâts sont d'une immense variété. Les dégâts sont occasionnés soit par des éléments climatiques, soit par des êtres vivants.

Le mot **ATTAQUE** désigne ce second cas. La plante subissant des dégâts est attaquée **par des animaux**, par des microbes ou par d'autres végétaux. Le mot attaque est un terme général.

Il y a **RAVAGES** lorsque les attaques prennent une grande importance dans les cultures. Ils sont occasionnés par des **ravageurs**.

On parle de **MALADIE** lorsque certains organes de la plante se développent anormalement. Les tiges sont rabougries, les feuilles se couvrent de taches, la plante se dessèche. Les causes d'un maladie sont à rechercher dans des **attaques microbiologiques** ou dans un **déséquilibre alimentaire**.

Une plante peut être attaquée par des ravageurs sans pourtant être malade. C'est par exemple le cas lorsqu'une chenille ronge les feuilles et les jets d'une plante. Les dégâts peuvent être très importants puisque les feuilles sont détruites et ne peuvent plus remplir leur rôle dans le développement de la plante, mais peut-être qu'aucune attaque microbienne n'a lieu.

Le mot **INCIDENCE** d'une attaque désigne les **effets plus ou moins importants** de cette attaque sur les cultures. Dans un champ de maïs où on constate la présence de la pyrale, on considère que l'incidence de l'attaque est faible si quelques pieds seulement sont attaqués, alors qu'elle est importante si la proportion de plants détruits est élevée et que les rendements du champ sont plus ou moins fortement compromis.

Agent causal, agent vecteur ou propagateur

Les êtres vivants responsables des attaques et des maladies se situent tous dans des chaînes alimentaires. Si une plante cultivée est attaquée, c'est parce qu'elle fait partie de cette chaîne alimentaire. Quand on cherche à lutter contre une attaque, il est prioritaire de connaître le maillon de la chaîne dans lequel se situe l'attaque.

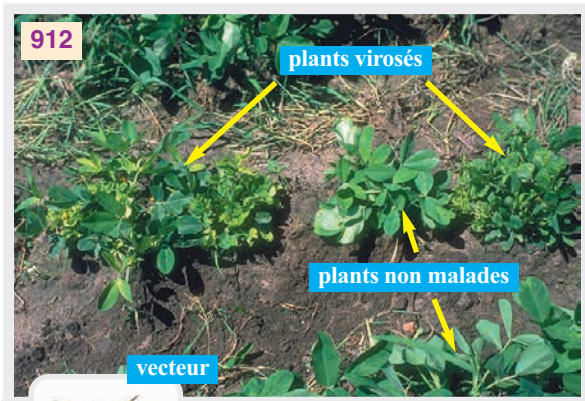
Prenons l'exemple de la rosette de l'arachide dont nous voyons l'illustration à la photo **912**. Cette maladie est provoquée par un **virus** qui dérègle le fonctionnement des cellules des plants où il est installé. Mais ce virus est **incapable de se déplacer** par lui-même d'un pied à un autre. Si la maladie se propage, c'est parce qu'un puceron du nom de *Aphis craccivora* passe de pied en pied pour y sucer de la sève. Si la sève qu'il suce à travers son organe bucal contient des virus, ceux-ci vont pénétrer dans les plants sains qu'il piquera ensuite. Le puceron transporte donc le virus de plant en plant. On dit qu'il est l'**agent vecteur** alors que le virus est l'**agent causal**.

- l'**AGENT CAUSAL** est l'organisme qui est **directement responsable de la maladie**. C'est une bactérie, un champignon, un virus, qui ronge les tissus de la plante par l'intérieur;
- l'**AGENT VECTEUR**, ou **PROPAGATEUR**, est celui qui **transporte** l'agent causal au gré de ses propres déplacements et, s'il s'agit d'un être vivant, de ses façons de se nourrir.

Les pucerons, par exemple, sont d'actifs agents vecteurs de virus. Ils piquent des plants malades, ils y sucent de la sève contenant des virus, et en piquant d'autres plants, ils transmettent la maladie. Les mouches transportent des spores de champignons sur leurs pattes et les déposent partout où elles se posent. Les oiseaux transportent dans leurs excréments des graines de plantes épiphytes qui installeront leurs racines-suçoirs sur un arbre.

L'homme touche des fruits sains après en avoir cueilli d'autres qui sont attaqués par des bactéries. Il est donc lui-même un grand propagateur, surtout lorsqu'il n'est pas attentif à la qualité sanitaire du matériel végétal qu'il plante. Si, par exemple, il sème des graines d'arachides prélevées sur un plant atteint de rosette, il est assuré qui les pieds issus de ces graines seront eux aussi virosés.

Les vents, les pluies et l'eau de ruissellement sont d'importants propagateurs, eux aussi. L'eau qui ruisselle ramasse des semences, des spores, des morceaux de plantes atteintes par des ravageurs, et les déplace vers d'autres lieux où ils peuvent s'installer sur de nouveaux hôtes. Les spores de champignons peuvent être emportés au loin par le vent, et retomber sur des plantes hôtes sur lesquelles ils vont s'installer et créer des dégâts.



Chez l'arachide, la maladie de la rosette est provoquée par un virus dont le vecteur est le puceron Aphis craccivora.

Notes

Symptômes et diagnostic

Les **SYMPTOMES** sont les signes caractéristiques d'une maladie ou d'un ravage. Ils sont en quelque sorte la **signature** du ravageur. C'est une façon de mordre les feuilles ou les tiges, de creuser un rameau ou un fruit, de laisser des taches de formes précises sur les feuilles. Ou alors, c'est une façon de déformer ou de décolorer les organes végétaux.

Les spécialistes en phytopathologie vont toujours se fier aux symptômes pour déterminer les types de ravageurs.

Les symptômes sont des signatures, mais il se peut que les ravageurs signent différemment sur les diverses espèces qu'ils attaquent, ou alors que celles-ci réagissent différemment. En fait, c'est la pratique qui permet d'établir la relation entre un symptôme observé sur une plante et l'attaque qu'elle subit.

Faire un **DIAGNOSTIC**, c'est recueillir et apprécier tous les indices qui permettent d'identifier avec certitude une attaque ou une maladie. Souvent, le diagnostic doit se fonder sur plusieurs symptômes.

Il convient de se poser de nombreuses questions comme celles qu'on trouve dans le tableau **913**. Que l'on soit spécialiste ou non, ces questions permettent toujours d'éclairer ce qui se passe lorsqu'une attaque ou une maladie est observée.

Complexes parasitaire et pathologique

Le terme **COMPLEXE PARASITAIRE** désigne l'ensemble des parasites qui attaquent les plantes à un moment donné. Nous avons dit que les ravageurs des plantes (comme d'ailleurs ceux des animaux et des hommes) font tous partie de chaînes alimentaires. Les luttes phytosanitaires vont se faire dans le cadre de ces chaînes alimentaires. Par exemple, pour la rosette de l'arachide, la lutte comportera les éléments suivants:

- **limitation du nombre de pucerons** par des moyens biologiques ou chimiques, afin d'éviter qu'ils n'aillent se nourrir sur de nouveaux plants d'arachide. C'est donc **le vecteur qui est visé** dans la lutte;

913 *Procéder au diagnostic d'une attaque*

Lorsqu'on constate qu'une plante est malade ou attaquée, on procède d'abord à des observations générales, puis on entre dans les observations détaillées, avant de prélever des échantillons et de rechercher de la documentation.

◆ Première étape: les observations générales

- ⇨ on observe l'**ensemble** de la plante attaquée ou malade durant toute la période d'attaque ou de maladie,
- ⇨ on observe l'**environnement** de la plante,
- ⇨ on relève toutes les **différences** entre les plants malades ou attaqués et les plants parfaitement sains se trouvant au même stade de développement.

◆ Deuxième étape: les observations détaillées

- ⇨ Bien préciser les organes attaqués et la nature des dégâts:
  - ✓ aux feuilles,
  - ✓ aux fleurs et aux fruits,
  - ✓ aux tiges, troncs, branches et rameaux,
  - ✓ aux collets et aux racines.

Dans certains cas, les manifestations du ravage sont visibles sur un seul type d'organe, dans d'autres cas, on les voit sur plusieurs organes.

- ⇨ Bien préciser les dégâts et leur incidence dans le champ.
- ⇨ **Localiser les symptômes** sur les plantes.
- ⇨ **Détailler** les symptômes.
- ⇨ Rechercher les **causes** d'apparition des symptômes. Elles peuvent être dues:
  - ✓ au milieu physique (sol et climat principalement),
  - ✓ à une attaque de ravageurs ou de parasites.
- ⇨ **Localiser et décrire l'attaque.** Les symptômes peuvent en effet apparaître autre part qu'à l'endroit attaqué.
- ⇨ **Situer l'époque** de l'apparition de l'attaque et des symptômes:
  - ✓ par rapport à la **saison**,
  - ✓ par rapport au **cycle végétatif de la plante** attaquée ou malade,
  - ✓ par rapport au **cycle de vie du parasite** ou du ravageur.
- ⇨ Faire la **relation entre l'attaque et les symptômes**, en recherchant les explications.

◆ Troisième étape: prélever des échantillons

Le prélèvement d'échantillons complets est nécessaire lorsque le diagnostic ne peut être terminé dans le champ et qu'il faut procéder à des analyses en laboratoire.

◆ Quatrième étape: exploiter la documentation

Il existe de nombreux ouvrages décrivant les attaques sur les plantes cultivées. Ils permettent de vérifier le diagnostic d'une façon systématique.

Il est souvent nécessaire de se référer aux spécialistes.

➟ **tri des semences** afin qu'elles ne propagent pas la maladie, arrachage et brûlage des pieds malades. Ces mesures feront que les pucerons ne trouveront plus de sève virosée lorsqu'ils se nourriront de pied en pied. **Ce sont donc les sources de virus qu'on cherche à réduire**.

Mais l'état des plantes attaquées ou malades ne dépend pas seulement d'attaques d'êtres vivants. On appelle **COMPLEXE PATHOLOGIQUE l'ensemble des circontances et des agents qui engendrent le ravage**:

- ❒ le ravageur lui-même, visible ou microscopique, qui est l'**agent causal**,
- ❒ le ou les **vecteurs** qui transportent ces ravageurs et élargissent leur aire d'activité,
- ❒ la présence d'**autres ravageurs**,
- ❒ l'**état nutritionnel et sanitaire** de la plante attaquée, et donc la fertilité du sol,
- ❒ les **facteurs microclimatiques** conditionnant la vie des ravageurs ou de leurs vecteurs.

Prenons un exemple. Nous voyons la **cochenille farineuse** sur cette tige de manioc (**914**). Son incidence sur les plants qu'elle attaque est très importante: en suçant la sève de la jeune pousse, elle arrête sa croissance. Nous pourrions croire qu'elle agit seule. Et pourtant, si nous fouillons, nous allons trouver plusieurs agents actifs:



La cochenille farineuse du manioc

- ➤ la cochenille **suce la sève**;
- ➤ en perçant la peau du jet de manioc, elle **ouvre des portes d'entrées** pour des virus et des batéries;
- ➤ des **fourmis** aiment se nourrir des excrétions de la cochenille. Elles ont tendance à les disséminer sur des nouvelles plantes, comme on fait pour élargir un troupeau;
- ➤ des **coléoptères** sont également présents pour croquer les cochenilles ou se nourrir de leurs excréments;
- ➤ des **champignons** se développent en surface et finissent par empêcher la lumière d'arriver jusqu'aux feuilles, ce qui **réduit la photosynthèse**;
- ➤ si en plus le sol est **sec** et que les plants de manioc sont mal abreuvés, le pied attaqué se vide de sa sève beaucoup plus vite que si l'alimentation en eau est suffisante;
- ➤ la **fertilité** du sol entre aussi en ligne de compte. Si le sol est fertile, les pieds sont bien alimentés et résistent mieux aux attaques de la cochenille et aux blessures qu'elles occasionnent.

Nous comprenons ici ce qu'est un complexe parasitaire. Parfois, le diagnostic d'une attaque est simple. Par exemple, un criquet est venu ronger des plantes et est seul responsable des dégâts. Parfois, au contraire, il est complexe, comme nous venons de le voir pour la cochenille.

Ce sont les caractéristiques du complexe parasitaire qui doivent déterminer les types de luttes à mener contre les ravages des cultures.

Des dégâts sans parasites

Soumise aux vents de sable, notre peau se griffe et se dessèche. Forcé de manger du sel par grandes cuillèrées, notre corps serait brûlé par l'intérieur. Et si nous restons des journées entières dans l'eau, ce sera l'affaiblissement général. Dessèchement, brûlure, ramollissement par l'eau, provoquent des gênes ou des dégâts corporels dont nous souffrons sans qu'il n'y ait de parasites. Ces souffrances sont des maladies de l'environnement.

Les plantes aussi ont leurs maladies de l'environnement. Elles sont dues à l'humidité ou à la soif, au vent, à la malnutrition, au feu ou aux mauvais traitements infligés par l'homme lui-même.

Les dégâts dus au climat

On peut noter en premier lieu des dégâts dus aux facteurs climatiques. Le **gel** frappe dans certaines régions. Parfois, c'est la **température nocturne** qui descend en dessous de ce que la plante peut accepter. En montagne, la **grêle** s'abat parfois sur les plantations: en tombant, les grains de glace frappent les feuilles, les fleurs ou les fruits et les détruisent. La foudre aussi peut détruire des arbres ou des portions de champs.

Le **vent** arrache les organes jeunes et fragiles des plantes. Les dégâts du vent sont fréquents en régions sahéliennes. Il n'est pas rare que les tout jeunes fruits des arbres, à peine sortis des fleurs, soient emportés

par le vent ou blessés par les **grains de sable** qui les frappent fortement.

Voyons comment cette plantation du Cap Vert a été détruite par une tornade immédiatement suivie d'inondation (**915**).

La sécheresse, le vent, les tornades, les grêlons ou le gel sont tous capables de provoquer des dégâts.

La **lumière** joue aussi un rôle important. Semez des arachides à l'ombre d'un manguier, vous verrez s'allonger les tiges et les feuilles à la recherche de la lumière. Tandis que des taros constamment exposés en plein soleil seront rabougris. Chaque plante doit en effet rencontrer un microclimat qui lui convient, sans quoi elle souffre, se rabougrit, s'allonge ou se déforme.

Soif, noyade et malnutrition

Voici un champ de mil (**917**). Les plantes se sont mal développées en début de saison, car les **pluies** étaient insuffisantes dans les six semaines qui ont suivi le semis. Mal abreuvées dans leur jeunesse, les plantes n'arrivent plus à se reprendre, même si les pluies abondent par la suite. On peut donc accuser l'**irrégularité du climat**, mais c'est la soif des plantes à un moment déterminé qui est à l'origine du mauvais développement.


915

Après la tornade: bananiers arrachés ou effondrés, inondation, recouvrement du bas-fond par une épaisse couche d'alluvions argileuses.


916

Flétrissement d'un plant de concombre

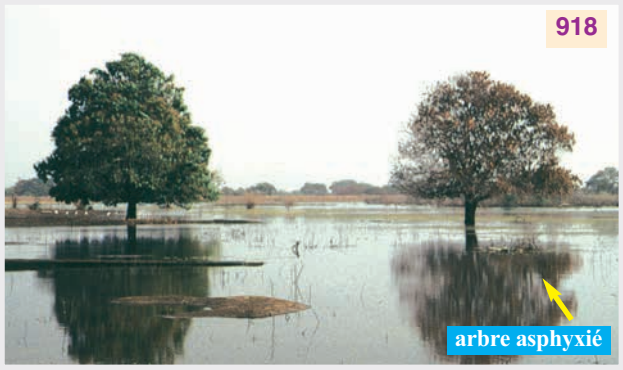
Les conséquences d'un manque d'eau peuvent se faire sentir longtemps après que les plantes aient eu soif. C'est le cas de ce mil. Mais, parfois, elles sont immédiates: des plantes très sensibles à la **sécheresse** se flétrissent, se dessèchent et meurent parce qu'elles ont manqué d'eau durant 5 ou 6 jours seulement. C'est le cas de ce plant de concombre (**916**). Cette espèce est, en effet, très sensible à la sécheresse.

Il y a aussi l'**inondation**. Des plants qui ont les pieds dans l'eau souffrent parce que leurs racines manquent d'air. Celles-ci se ramollissent et pourrissent. Voici des manguiers (**918**). Suite à de longues inondations successives, leurs racines souffrent d'**asphyxie**. L'eau stagnant trop longtemps à leur pied et dans le sol empêche toute respiration des racines. Le dépérissement de celles-ci a été progressif, mais un jour, brusquement, elles n'ont plus pu faire leur travail.

La plupart des plantes cultivées ne supportent pas des teneurs élevées de **sel** dans le sol où elles poussent. Si on les sème dans des terres salées, elles sont brûlées, tout comme nous le sommes si nous avalons d'un seul coup une grande cuillère de sel pur.


917

La soif: cause de dessèchement partiel ou total des plantes cultivées.



918

Un excès d'eau dans le sol peut nuire, surtout lorsqu'il dure plusieurs jours ou semaines.

Voici un exemple d'aubergine souffrant de la salinité du sol (**919**). Ses feuilles sont déformées, décolorées et cassantes. On peut vraiment dire que cette plante est empoisonnée par le sel se trouvant dans le sol. L'**excès d'engrais chimiques** est fréquemment cause d'empoisonnement. Ces engrais ne sont d'ailleurs rien d'autre que des sels.

Il se peut aussi que les plantes souffrent d'une **CARENCE** particulière. Quelque chose manque dans leur alimentation et cela les affaiblit.

Voici les feuilles d'un caféier souffrant de carence (**920**). Elles sont jaunies par places et légèrement durcies.

Des carences peuvent exister même chez les plants recevant beaucoup d'engrais chimiques.

Voici trois plants de niébé souffrant de carence. Le premier plant manque de calcium (**921**), le second de soufre (**922**), le troisième de magnésium (**923**). Ce sont trois **oligo-éléments** dont les plantes ont besoin en très petites quantités et qui, dans ces cas-ci, font défaut.

Lorsque le sol est trop sec, trop humide, trop salé, les plantes souffrent de **malnutrition**. Il n'y a ni parasites, ni ravageurs, mais les maladies sont manifestes.

Observer le sol est donc une nécessité quand on cherche à savoir de quoi souffrent les plantes.

Les mauvais traitements

Les mauvais traitements que l'homme fait subir à ses plantes sont parfois aussi des causes de dégâts: des **blessures** infligées lors du passage des outils de labour et d'entretien, la **destruction des racines**, des tailles trop fortes, des coups de machettes, l'**exploitation peu soigneuse des écorces**, ...



Lorsque les plantes souffrent d'excès de sel, leurs feuilles se déforment, se décolorent et durcissent. C'est le cas de ce plant d'aubergine.



Feuilles carencées d'un caféier. Une analyse biochimique est nécessaire pour déterminer l'origine de la carence.

Il y a aussi les dégâts causés par les **traitements antiparasitaires**. Si des produits de traitement sont mal dosés ou mal appliqués, ils peuvent provoquer des **brûlures** ou des **empoisonnements**. Même la cendre déposée sur les feuilles, comme on le voit sur la photo **927**, peut les brûler. Trop d'engrais chimiques est aussi nocif.

Voici quatre affections constatées sur des cotonniers après l'application de pesticides. Dans le premier cas, un cotonnier a été traité au moyen d'un pulvérisateur mal nettoyé: des restes d'herbicide (2-4-D) ont atteint les feuilles et les ont empoisonnées (**924**). Les trois autres photos montrent des feuilles de cotonnier abîmées suite à des pulvérisations contenant des résidus d'herbicide (fluometuron) (**928**), ou de l'insecticide (dimethoate) (**925** et **926**).







Les carences sont souvent dues à un manque de minéraux dont la plante a besoin en très petites quantités: bore, zinc, molybdène, magnésium, cuivre, soufre, fer, calcium, etc.

924



Déformations du limbe des feuilles de cotonniers dues à un résidu de pesticide 2-4-D dans un pulvérisateur.

925



926



Brûlures de feuilles dues à une pulvérisation de dimethoate (insecticide)

Le feu

Le feu est un outil au service de l'agriculteur s'il est correctement utilisé. Il peut être utile autant que destructeur.

Un seul passage du feu, même rapide, peut avoir un effet catastrophique sur la production. Il peut détruire complètement un arbre, un champ, une plantation... Mais le feu se contente parfois de surchauffer certains organes (**929**). S'il passe, même rapidement, sous un arbre fruitier en cours de floraison, les fleurs ou les tout jeunes fruits seront brûlés, cuits ou du moins définitivement blessés et atteints dans leur développement par la forte chaleur. Il en est de même pour les bourgeons foliaires qui sont en train d'éclore, mais eux pourront peut-être continuer leur croissance alors que les bourgeons floraux seront définitivement détruits. Plus la plantation est jeune, plus le passage du feu provoque des dégâts.

La foudre, elle aussi, provoque des dégâts lorsqu'elle s'abat. Elle fend ou brûle les arbres et carbonise les plantes saisonnières ou les surchauffe à tel point qu'elles meurent.

927



Les cendres sont très utiles pour l'alimentation des plantes et la lutte contre certains insectes, mais il faut les appliquer avec modération. A fortes doses, elles brûlent les feuilles et salinisent le sol sous la plante.

928



Jaunissement du limbe consécutif à une application de fluometuron (herbicide).

929



Le feu n'est pas l'ami des arbres fruitiers.

930 Rappel des dégâts sans parasites

Avant de penser aux attaques parasitaires pour caractériser les dégâts aux cultures, pensons à ces autres causes:

- ⇨ l'humidité du sol au cours des phases du cycle végétatif,
- ⇨ l'inondation prolongée et l'asphyxie racinaire,
- ⇨ les vents et les tornades, la grêle, les vents de sable, la foudre,
- ⇨ l'exposition à la lumière et l'insolation,
- ⇨ la salinité du sol,
- ⇨ l'infertilité du sol, la malnutrition des plantes, les carences en oligo-éléments,
- ⇨ la destruction des organes des plantes par le feu,
- ⇨ l'empoisonnement de plantes par des pesticides ou d'autres produits chimiques,
- ⇨ l'empoisonnement résultant d'un surdosage d'engrais chimiques,
- ⇨ la destruction par des animaux sauvages ou domestiques, la divagation du bétail,
- ⇨ les mauvais traitements infligés par l'homme.

Ravageurs et parasites bien visibles

Comme les hommes, les plantes souffrent dans leur corps et elles réagissent. Voici, par exemple, une feuille piquée par une espèce d'insecte (**931**). Elle réagit en formant des pustules, comme nous lorsque nous sommes piqués par un moustique. Mais chez la feuille, la réaction est définitive: ses pustules ne disparaissent pas.

Voyons aussi ces galles (**932** et **933**). Elles se forment après qu'un insecte ait piqué la tige et y ait déposé ses œufs. La plante se défend comme elle peut contre l'agression des larves: elle leur construit une sorte de local dans lequel les larves vont se développer.



Contrairement à ce qui se passe chez l'homme ou les animaux, les pustules des plantes ne disparaissent pas.





A gauche, vue extérieure d'une galle. A droite, une coupe dans la galle où l'on voit les petits insectes qui y habitent.

Animaux déprédateurs en divagation

La chèvre, le bœuf, l'âne (**935**), le rat palmiste, sont des déprédateurs de nos cultures, tout comme la pintade dont nous voyons les dégâts sur les choux (**934**). Ils croquent les feuilles ou les fruits, parfois les racines, souvent les graines.

Tout ce monde de ravageurs est bien visible, comme d'ailleurs ces criquets qui, venus du ciel, dévorent les cultures en quelques heures (**941**), ou les oiseaux qui s'abattent en bandes voraces sur les champs de céréales.

Certains ravageurs agissent avec l'assentiment des hommes, comme les animaux domestiques qu'on laisse divaguer dans les champs. Seule une meilleure organisation sociale permettrait de les écarter.

Mais d'autres ravageurs font partie de la faune sauvage. Il faut les écarter, leur faire peur, les chasser hors des champs. Parfois, c'est au niveau des gouvernements qu'il faut se battre: c'est le cas pour les criquets migrateurs.

Si une chèvre peut dévorer seule le chou, il faut par contre des dizaines ou des centaines de chenilles pour faire le même travail, ou des millions de parasites microscopiques.





La divagation du bétail est une cause importante de pertes économiques pour les cultivateurs, et se trouve à l'origine de nombreux conflits entre agriculteurs et propriétaires de bétail. A gauche: dégâts occasionnés par des pintades dans une planche maraîchère de choux. A droite: un âne divague dans un champ de mil.


936

Les racines du striga se fixent sur celles du mil ou du sorgho pour en sucer la sève.


937

Le "gui" se nourrit de sève. On le voit ici accroché aux branches d'un tamarinier.


938


939

Ces plantes utilisent les tiges ou les troncs d'autres espèces comme tuteurs. Elles gênent leur croissance ou les étouffent. C'est le cas du "liseron", à gauche, et du ficus, à droite.

Des plantes qui vivent ou se nourrissent d'autres plantes

Voici le striga (**936**). Cette plante parasite ravage les plantations de mil, surtout lorsque le sol est peu fertile. Après avoir germé normalement dans le sol, le striga fixe ses racines sur celles du mil et se met à en sucer la sève, de même qu'une tique suce le sang d'un chien à travers sa peau. En suçant sa sève, le striga affaiblit fortement le plant de mil.

Une autre plante, communément appelée "gui", s'est fixée sur les branches de ce tamarinier et suce sa sève (**937**). Les dégâts ne sont pas bien graves, mais le "gui" est bien nourri, comme on peut le voir. Beaucoup d'espèces suçant la sève des arbres sont appréciées pour leurs usages médicamenteux.

Un "liseron" utilise un plant de maïs comme tuteur (**938**); il l'étouffe en le serrant entre ses lianes. De même, les lianes de ce ficus ont fini par étouffer complètement l'arbre qui lui servait de tuteur (**935**). Ces lianes, en s'épaississant, ont formé un "faux" tronc.

Mais attention, toute plante qui se développe en s'appuyant sur une autre n'est pas nécessairement un parasite. Voici, par exemple, un pied d'igname qui s'agrippe au tronc d'un karité (**940**). Ses tiges lianeuses prennent racine dans le sol, à côté de l'arbre. Celui-ci est comme un ami qui soutient les lianes durant quelques semaines ou mois. Les lianes ne sont pas des parasites de l'arbre.

Une plante n'est parasite d'une autre que lorsqu'elle se nourrit de sa sève ou qu'elle l'empêche de vivre normalement, soit en l'étouffant, soit en gênant sa croissance.


940

L'igname qui pousse sur ce tronc de karité ne risque pas de l'étouffer. Elle s'accroche simplement à l'arbre pour quelques semaines.

Notes

Insectes et autres espèces de déprédateurs animaux

C'est parce qu'ils **se nourrissent** des organes des plantes **ou qu'ils s'y reproduisent** que les ravageurs animaux font des dégâts sur ces plantes. Chacun procède à sa manière: il broute, il troue, il perce, il injecte des poisons ou des virus, il ronge ou il tisse. Chacun a ses habitudes de consommation, apprécie telle plante ou telle partie de plante et a sa façon propre d'habiter et de se reproduire.

Les brouteurs, les broyeurs et les mineurs

Il y a des déprédateurs qui broutent les plantes, comme une chèvre broute un pâturage. Ils disposent pour cela de crocs puissants en forme de ciseaux ou de râpes. Les criquets sont typiques: ils broutent les feuilles, les tiges et les fleurs (941).



Les criquets sont des brouteurs insatiables pourvus de moyens de déplacement efficaces en sautant et en volant.

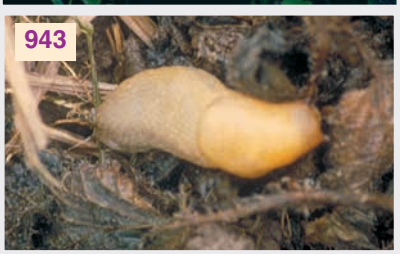
Voici un jeune pied de tournesol qui a été brouté par des limaces (942). Durant la journée, elles se réfugient dans le sol pour ne sortir que la nuit. Elles laissent sur leur passage des traînées mucilagineuses brillantes - une sorte de "glu". Toutes les espèces de limaces, et aussi d'escargots, sont brouteuses. Voici des traces typiques du passage d'un petit escargot sur une branchette recouverte de mousse (944). L'animal a vagabondé en rasant, pour se nourrir, la mousse minuscule qu'il trouvait sur son chemin. Ici, les dégâts sont minimes.



Chenilles foreuses du chou. Elles broutent les feuilles juste au moment où les choux se mettent à pommer. Elles introduisent ensuite la pourriture au cœur même du légume.









Les limaces et les escargots "signent" leur passage, au cours de leur divagation. Ils sont très destructeurs dans les pépinières (942). Ils se déplacent en glissant sur le mucilage qu'ils produisent. Leur bouche est armée pour brouter les matières vertes fraîches. Leurs traces sont souvent divagantes.

Les chenilles de la photo 946 broutent les feuilles du chou, mais elles ont la particularité de creuser des galeries comme un mineur qui creuse des trous pour chercher du minerai sous la surface du sol. On les appelle chenilles mineuses ou foreuses.

La larve du papillon *Eldana saccharina* creuse sa galerie au cœur même de la tige du maïs (947). A un moment donné, la sève ne monte plus, les feuilles et le plant dépérissent, la tige se brise.

La mouche du haricot est un détestable ravageur (949). Elle passe son temps sur les plants de haricots. Elle pond ses œufs sur les feuilles et les tiges (950 et 951). Ses larves creusent la tige et se dirigent vers le collet. C'est là que se forment les


947

Eldana saccharina: une larve très destructrice qui se nourrit au cœur des tiges de maïs.


948

Les mylabres apprécient les organes humides des jeunes fleurs du gombo. Ils détruisent leurs pétales et leurs ovaires.


949


950


951

La mouche du haricot et ses larves: un ravageur détestable dans les régions où le haricot est la culture de base.


952

En fendant les boutures de manioc, on voit leur cœur rongé par les termites.

pupes, ou chrysalides, qui, quelques jours plus tard, se transformeront à nouveau en mouches très mobiles.

Les mylabres aiment brouter les jeunes fleurs. On en voit ici sur les fleurs du gombo (**948**). Leurs larves, qui vivent dans le sol, croquent celles des sautériaux et des sauterelles. Elles sont donc utiles pour l'agriculture. Mais lorsque les insectes sont adultes, ils provoquent parfois de gros dégâts. Comme les mylabres semblent résister assez bien aux insecticides, le mieux est de les récolter à la main ou de les chasser avec un produit répulsif.

Ces boutures de manioc ont, elles, été minées par des termites (**952**). Les termites aiment croquer le bois sec, sans jamais apparaître à la lumière du jour. Ici, ils ont mangé le cœur de la bouture et ont remplacé le bois par de la terre. Ils ont laissé intacte l'écorce plus humide et plus amère, de sorte que, vu de l'extérieur, on remarque à peine leur présence. A vrai dire, c'est en saison sèche que l'attaque des termites a eu lieu. Les boutures souffrant de la sécheresse ont été une proie d'autant plus indiquée qu'il n'y avait plus ni pailles, ni déchets secs aux alentours pour alimenter les termites.

Les piqueurs et ceux qui mordent

Certains insectes ravageurs sont munis d'une sorte de bec aiguisé qui leur permet de piquer et de traverser la peau des feuilles, des fruits ou des tiges afin d'en sucer les liquides.

Voici un couple de *Calidea dregei* en train de piquer et de sucer le contenu de jeunes grains de sorgho (**953**). Cela provoque des petites blessures et la déformation des grains en croissance. Les grains sont vidés de leurs réserves et ils sont infectés par des micro-organismes transmis par le bec de l'insecte.

Les pucerons sont des insectes piqueurs très prolifiques. Ils se développent sur le sommet des tiges d'un grand nombre de plantes, là où la peau est encore fine et où la sève est abondante. On en voit ici sur une jeune pousse d'oranger (**954**).

Il y a de très nombreuses espèces de pucerons. Chacune a ses habitudes propres d'alimentation. Souvent, les pucerons transportent des virus qu'ils puisent sur des plantes malades et qu'ils injectent dans la sève de plantes qui ne le sont pas encore.

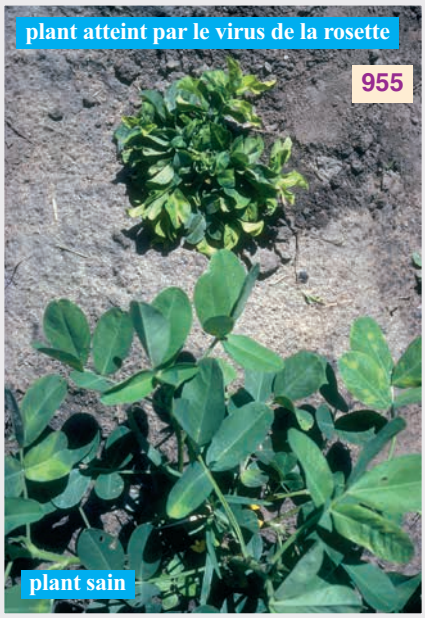
Nous avons cité au début du chapitre le puceron dénommé *Aphis craccivora* qui vit sous les feuilles de l'arachide. Il les pique pour se nourrir. C'est lui qui transporte dans son corps le virus de la rosette dont nous voyons les effets sur la photo **955**. Le virus,



Calidea dregei: un insecte suceur des grains frais. Il les vide de leur contenu et les pollue. Les épis sont mal développés.



Colonie de pucerons au sommet d'une pousse d'oranger. Ils sucent la sève des jeunes pousses, les déforment, et empêchent leur développement normal.



Maladie de la rosette de l'arachide.

lorsqu'il se trouve dans le feuillage d'un pied d'arachide, lui cause en fait beaucoup plus de dégâts que la piqûre du puceron elle-même.

Les cochenilles sont aussi des insectes piqueurs. On les trouve souvent au sommet des tiges, mais elles se fixent parfois ailleurs sur les plantes. En voici qui se sont fixées sur des feuilles de caféiers, en bordure des nervures (**956**). Elles sont recouvertes d'un petit bouclier dur. La photo **914** montrait la cochenille farineuse du manioc. Sur la photo **987**, plus loin, nous voyons d'autres cochenilles sur une souche d'ananas.

Les dégâts directs que causent les insectes qui mordent ou qui piquent peuvent être plus ou moins graves selon qu'ils sont voraces ou non, qu'ils pullulent ou qu'ils vivent en solitaires. Lorsqu'ils sont en nombre sur une plante, ils l'affaiblissent et gênent sa croissance.

Les dégâts indirects provoqués par les insectes piqueurs sont souvent beaucoup plus graves que leurs seules piqûres. En effet, nombreux sont les insectes piqueurs qui sont d'efficaces transporteurs de microbes pathogènes, invisibles à l'œil nu. En passant de plante en plante pour se nourrir, ils transportent ces microbes des pieds malades vers ceux qui ne le sont pas. Ce sont donc des agents vecteurs.

Parfois, ils ne transportent pas eux-mêmes les germes de maladie,



Cochenilles sur feuille de caféier. Elles sucent la sève des feuilles. Elles se protègent au moyen d'un petit bouclier.

957 Ne pas confondre les piqûres

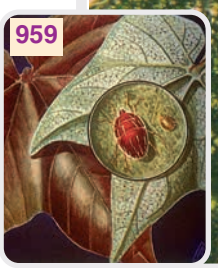
Certains insectes piquent pour **se nourrir** de sève. Leur organe piqueur se trouve à l'avant.

D'autres piquent pour **pondre** leurs œufs, avec un organe situé à l'arrière de leur corps. Leurs larves vont se développer dans le corps de la victime et le consommer par l'intérieur.

Certains insectes piquent simplement pour **se défendre**. Leur dard se trouve souvent à l'arrière de leur corps.

mais la petite blessure ou la morsure qui résulte de leur passage est une porte d'entrée pour des germes pathogènes apportés par l'eau ou le vent.

Les acariens sont les cousins des araignées. Comme elles, ils ont quatre paires de pattes. Mais ils sont beaucoup plus petits (moins d'1 millimètre de longueur, parfois 0,5 ou 0,1 millimètre). Sur la photo **959**, on en voit un exemple, très grossi au moyen d'une forte loupe. Les multiples petites morsures que cet acarien fait sur les feuilles du cotonnier provoquent leur dépérissement (**958**).



Sur certains fruits, comme les pamplemousses ou les citrons, les morsures d'acariens provoquent un léger durcissement de la peau sans autre importance que celui d'une modification de l'aspect du fruit.

Les acariens sont à peine visibles à l'œil nu. Mais quand ils sont nombreux, ils blessent les feuilles en les mordillant.

Les pollueurs

La bouche de cette mouche ne fait qu'effleurer les objets sur lesquels elle se pose. (**960**). Elle semble laisser peu de trace après son passage. Pourtant, si nous y regardons de plus près, nous voyons les saletés que ses pattes ont déposées, comme quelqu'un qui laisse dans une cour les excréments dans lesquels il vient de marcher, ou un animal qui transporte du crottin sur ses pattes. Elle laisse également, aux endroits où elle passe, des excréments noirâtres. Ceux-ci contiennent des micro-organismes, pathogènes ou non, en provenance des aliments consommés précédemment.



Cette mouche transporte sur ses pattes de très nombreux germes, pathogènes ou non.

Et les autres...

Parmi les parasites, il y a aussi les tisserands. Ils tissent leurs fils et les tendent afin de se construire un logement. On voit, par exemple, des chenilles tisserandes sur la photo **961**. On ne peut pas dire que les dégâts soient importants au moment où elles tissent leurs cocons. Mais il se peut qu'au cours de leur vie, ces chenilles se mettent à brouter autour d'elles et deviennent très dévastatrices. Il est donc toujours utile de les récolter et de les détruire dans leurs cocons.

Il y a aussi les fourmis enrouleuses qui replient les feuilles pour y loger leur nid. Elles ne sont pas bien méchantes pour les plantes, ces fourmis. Mais, par contre, elles font parfois fuir ceux qui passent pour l'entretien ou la récolte des plantations! Pour les combattre, on peut par exemple jeter les nids entiers dans un récipient contenant du pétrole.

Voici des fourmis parcourant le sommet fleuri d'un plant de crotalaire (**962**). Elles n'endommagent pas le plant. Elles cherchent plutôt à exploiter les dépôts laissés par des pucerons, qui sont, eux, de vrais ravageurs. Certaines fourmis élèvent même des pucerons sur des plantes ou dans leur fourmilière afin de se nourrir de leur dépôt collant et sucré (le miellat).

Les nématodes

Les **nématodes** sont des parasites minuscules qui s'attaquent aux racines. Des boursouflures ou **galles** plus ou moins grosses se forment, et les canaux qui doivent transporter la sève brute sont interrompus. Si les boursouflures sont faciles à constater, il faut par contre des



Les insectes et les araignées tisserands utilisent les feuilles d'une plante pour y tisser leurs maisons.

binoculaires ou des microscopes pour voir les nématodes eux-mêmes. On dit souvent que ce sont des vers, mais en fait, ils appartiennent à une autre famille animale.

Les photos **964** et **965** montrent la présence de nématodes sur des racines de pois et de chou chinois.

Les nématodes sont capables de se maintenir dans le sol durant un certain temps. C'est pourquoi la lutte contre ces parasites se préoccupera essentiellement de l'hygiène du sol et des rotations de culture. On va tenter d'éliminer le parasite en soignant le sol et en brûlant toutes les plantes qui les garderaient en réserve. S'il y a un risque d'attaque de nématodes dans une pépinière, on va chauffer la terre de celle-ci à plus de 55 degrés centigrades.

Les vers

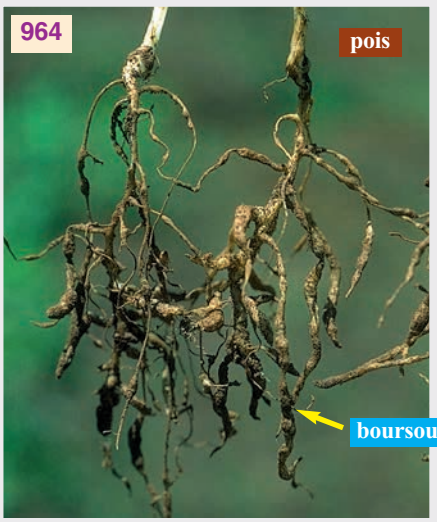
Les sols sont parcourus par des vers tels qu'on en voit sur la photo **966**. Ils sont aussi différents des insectes, des araignées ou des termites que le serpent l'est du chameau ou de la souris. Aucun ver ne s'attaque aux plantes. Malheureusement, le langage courant crée parfois la confusion. On parle par exemple du "ver gris", alors qu'il s'agit d'une larve qui, elle, est une grande destructrice de collets (**963**). Certaines personnes confondent aussi les vers et les tout jeunes serpents, ce qui crée la peur. Or, les vers de terre ont une grande importance pour la fertilité du sol, comme nous l'avons vu au chapitre 16.

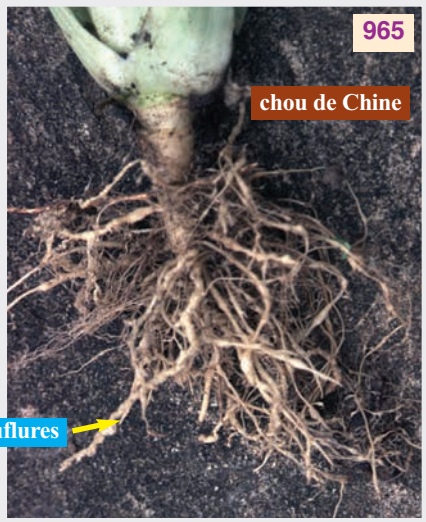


Certaines espèces de fourmis se nourrissent des excréments de pucerons.



Larve de Agrotis segetum, dite "ver gris"





Racines envahies par des nématodes

Les vers n'ont jamais de pattes. Leur corps grandit progressivement, ce qui n'est pas le cas des chenilles ou des insectes qui doivent changer de peau pour grandir: ils muent.

Insectes aux multiples tenues

Nous avons distingué les insectes brouteurs des piqueurs et des pollueurs. Nous comprenons le type de dégâts qu'ils provoquent. Mais il y en a qu'on accuse de faire des dégâts alors qu'ils ont l'air parfaitement inoffensifs. Il est vrai que les apparences sont trompeuses.

Ce papillon très coloré, appelé *Papilio demodocus*, semble effectivement bien inoffensif (**969**). Sa trompe est incapable de piquer, elle suce simplement le suc des fleurs. En butinant de fleur en fleur, les papillons favorisent leur fécondation. Pourtant, leurs chenilles font de grands dégâts sur les orangers et les autres agrumes, en rongeant les feuilles (**970**).

Heliothis armigera est un papillon de nuit pareil à beaucoup d'autres (**971**). On le trouve dans les plantations de coton ou de maïs, en particulier sur les fleurs et les jeunes fruits.

Lorsqu'on le voit voler, ses ailes antérieures sont verdâtres, brunes ou rougeâtres, munies en leur milieu d'une tache brune. Les ailes postérieures, elles, sont blanchâtres. Ces papillons nocturnes ne semblent pas bien dangereux. Leur tête ne présente aucun organe leur permettant de brouter ou de broyer quoi que ce soit. Ils peuvent juste sucer un peu de nectar sur les fleurs.

Au moment où *Heliothis* se présente comme un papillon, on dit qu'il est en phase adulte. La fonction des adultes, dans leurs





Les vers de terre sont utiles pour la fertilité et la porosité des sols. Voici leurs turricules. Les vers grandissent mais ne changent pas de forme, contrairement aux larves.

968 Comment vivent-ils?

Chaque être vivant a son mode de vie, ses habitudes alimentaires, son habitat, ses périodes d'activité et de reproduction. Celui qui veut lutter contre les ennemis de ses cultures doit commencer par observer leur mode de vie, sans quoi il risque de frapper inutilement.

Un grand principe: "Avant de lutter contre un quelconque déprédateur, apprenons à le connaître dans tous les détails de sa vie. Nous trouverons alors son point sensible et nous pourrons agir efficacement."

Commençons par **quelques questions de base**:

- ✓ qui sont les déprédateurs visibles? Insectes, termites, acariens, limaces, nématodes, ou autres?
- ✓ comment agissent-ils: brouteurs, piqueurs, mineurs, pollueurs,...? Quels dégâts causent-ils?
- ✓ quelles sont leurs nourritures préférées ou obligées?
- ✓ quelles sont les saisons où ils prolifèrent le mieux?
- ✓ peut-on confondre le ravageur avec d'autres êtres utiles?
- ✓ ont-ils eux-mêmes des ennemis?

habits ailés, est d'abord de s'accoupler pour reproduire l'espèce. Ils se déplacent en volant et pondent leurs œufs. Ce faisant, ils propagent l'espèce.

Heliothis réalise son cycle de vie en **quatre phases** bien distinctes: œuf, chenille, chrysalide et papillon adulte, phases suite auxquelles le cycle recommence.

Après l'accouplement, les femelles pondent leurs œufs sur les bourgeons et les boutons floraux ou sur les feuilles du cotonnier. Les œufs se développent alors et se transforment en **CHENILLES** comme celle que nous voyons sur la figure **971**. Elles peuvent atteindre 3,5 à 4 centimètres de longueur. Leur tête est brune, elles sont parcourues de longues bandes noires et de couleurs plus claires. A ce stade, *Heliothis* devient ravageur. Il ronge un peu de tout sur son passage, avec une nette préférence pour les jeunes fruits du cotonnier et du maïs.

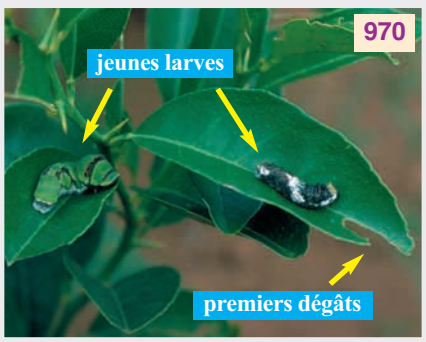
Au bout de 14 à 24 jours, après avoir beaucoup dévoré, *Heliothis* se transforme encore. Il devient **CHRYSALIDE** et cesse de s'alimenter. Il change de forme et on voit apparaître des ébauches d'ailes à la surface de son corps. Dix à quatorze jours plus tard, la chrysalide se transforme en un **INSECTE ADULTE** prêt à s'envoler et à pondre si les conditions climatiques lui sont favorables.

Nous découvrons ici avec *Heliothis* une caractéristique essentielle de la vie des insectes: il existe des phases de vie très différentes. Lorsque la poule pond un œuf et le couve, c'est un jeune poussin qui sort de cet œuf. Il ressemble déjà fort à sa mère. Mais l'œuf de *Heliothis* se transforme en une chenille qui ne ressemble pas du tout à sa mère papillon.

Si la chenille se nourrit abondamment et occasionne des dégâts importants aux plantes sur lesquelles elle vit, la chrysalide, par contre, ne semble avoir aucune activité. A la fin de l'hivernage, elle peut tomber sur le sol et y rester durant toute la saison sèche suivante, attendant les pluies pour se transformer en papillon et reprendre le cycle de propagation de l'espèce.

Ce superbe papillon Papilio demodocus ne vit que quelques jours. Juste le temps de pondre de nombreux œufs. Il ne se nourrit presque pas et est lui-même tout à fait inoffensif. Par contre, ses chenilles, elles, sont des ravageurs redoutables pour les cultures.

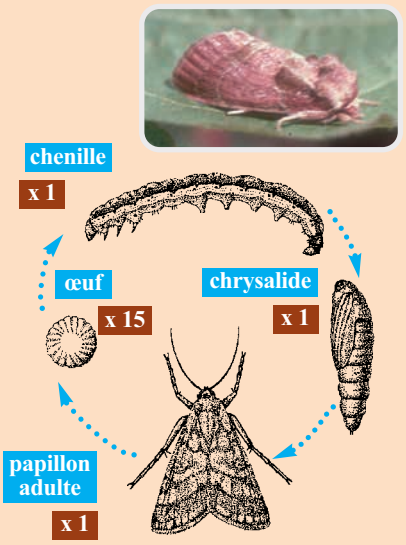




Beaucoup d'espèces d'insectes se développent comme *Héliothis* en phases successives au cours desquelles ils sont immobiles ou plus ou moins mobiles. Ils se déplacent en marchant, en rampant ou en volant. Au cours de certaines phases, ils sont ravageurs, à d'autres, ils sont totalement inoffensifs. Il est évidemment important de connaître le cycle de vie des insectes parasites. Cela permet de **les combattre au moment exact où ils sont le plus vulnérables**.

D'autres espèces se développent sans passer par des phases comme celles qui sont décrites ci-dessus. C'est le cas des pucerons, des criquets, des punaises, des cochenilles, des thrips,...

971 Cycle de Héliothis



selon E.J.E. Buyckx

Habitudes et ennemis

Chaque ravageur a ses habitudes et son alimentation propres. Chacun est chaînon d'une chaîne alimentaire.

Avez-vous déjà vu des pucerons se nourrir du sang de l'homme? Non, bien sûr. Pas plus que le moustique qui nous pique ne suce la sève du haricot. Avez-vous vu l'iule, ou mille-pattes (**972**), se nourrir de la patte d'une chèvre ou le scolyte du caféier piquer votre nez? Non plus. Le ver ascaris, qui se nourrit dans l'intestin de l'homme, n'est pas armé pour vivre au cœur d'une tomate.

La plupart des ravageurs des plantes sont spécialisés. La cochenille farineuse *(Phenacoccus manihoti*, **914**), par exemple, apprécie les sommets des plants de manioc. Le *Dysdercus* est un insecte qui, dans les jeunes fruits, se nourrit des graines immatures de cotonnier (**973**). Il provoque des dégâts sur les fruits, et les petites blessures qu'il occasionne sont des portes d'entrée pour des microbes. Mais mettez la cochenille farineuse sur des capsules de cotonnier, elle va les dédaigner, de même que le *Dysdercus* ne s'intéresse pas aux pousses de manioc.

Il en va de même pour les champignons ou les bactéries parasites dont nous parlerons plus loin. La plupart sont spécialisés. Les bactéries qui attaquent le cotonnier ne sont pas les mêmes que celles qui tuent les plants de pommes de terre. Le virus du maïs transmis par un insecte piqueur du nom de *Cicadulina* (**974** à **976**), le virus de la rosette de l'arachide (**955**) ou celui de la mosaïque du manioc (**977**) appartiennent à des espèces différentes, même si ce sont tous des virus. Mais le virus qui provoque la rosette ne se transmet pas au manioc, ni celui de la mosaïque au maïs.

Beaucoup de ravageurs sont très difficiles quant à la nourriture qu'ils consomment; entre autres, ceux que nous venons de citer. D'autres sont capables de s'adapter en fonction des circonstances. Ils ont leurs préférences, mais s'ils ne trouvent pas leur plat préféré, ils



Les crocs du iule peuvent mordre avec une force incroyable et détruire en un clin d'œil le collet d'un jeune plant. Il est polyphage.



Le Dysdercus pique les jeunes graines du cotonnier, tout en vagabondant à la surface du fruit. Son alimentation est très spécifique.

se servent autrement, sur des plantes dont les caractéristiques sont proches de leurs préférences.

Il y a aussi des ravageurs qui mangent un peu de tout, au hasard de ce qu'ils trouvent. Ils sont **POLYPHAGES**. En général, ce sont des vagabonds. C'est le cas du ver gris (**979**), du mille-pattes (**972**), des criquets (**941**), des grillons (**978**), ou des nématodes dont on a vu les galles sur les racines de pois (**964**). Une conclusion s'impose: ce qui se passe chez les hommes se passe aussi chez les plantes. **Certains ne varient pas leur nourriture alors que d'autres mangent tout ce qui leur tombe sous la main.** Mais attention: ce ne sont évidemment pas les mêmes parasites ou ravageurs qui attaquent l'homme et les plantes. Il n'y a aucun risque, vraiment aucun, que l'homme soit attaqué par la bactérie de la pomme de terre, ni que celle-ci ne soit atteinte de choléra ou du microbe de la rougeole.

Cause directe, cause indirecte

Quand on observe des dégâts, il faut les analyser complètement en pensant qu'ils se situent dans un complexe parasitaire tel que nous l'avons décrit plus haut. Regardons cette aubergine déjà bien mûre (**980**). Un papillon l'a piquée pour y pondre. Quasi aucune trace visible n'existait sur la peau du fruit à ce moment-là. Mais ensuite, les larves du papillon se sont mises à grignoter la pulpe par l'intérieur. Lorsqu'elles étaient prêtes, les chenilles nouvellement nées sont sorties en laissant la porte grande ouverte derrière elles. Toutes sortes de petits insectes et de champignons s'y sont engouffrés et se sont mis à proliférer, provoquant la pourriture que nous voyons sur la photo. Ces êtres n'auraient pas pu percer la peau de l'aubergine, mais ils ont profité des dégâts occasionnés par les larves du papillon pour y pénétrer.

Vu sous l'angle de la **protection sanitaire**, nous comprenons que **c'est le papillon qu'il faut éliminer** avant qu'il ne pique le fruit:

➤ si nous traitons lorsque le papillon est en train de voler à l'extérieur, nous pouvons l'atteindre avant qu'il ne pique pour pondre ses œufs,







L'insecte Cicadulina (cicadelle), que nous voyons à droite, en bas, est le vecteur du virus responsable de la maladie des bandes du maïs. Il transporte le virus de plante en plante.



La mosaïque du manioc est une maladie à virus qui déforme les feuilles. Le virus se limite au manioc.

Les grillons sont de grands mangeurs de matières vertes. Ils sont polyphages.



Avec ses crocs, la larve de Agrotis segetum, dite "ver gris", a sectionné un jeune plant de pomme de terre à sa base.



- dès lors que les larves sont à l'intérieur du fruit, aucun traitement ne peut plus les atteindre,
- les parasites secondaires sont variés et quasiment inaccessibles, eux aussi. Et puis, avec quel produit les attaquerions-nous? Avec des insecticides, alors qu'il s'agit de champignons? Avec des fongicides, alors que ce sont des bactéries ou des insectes?

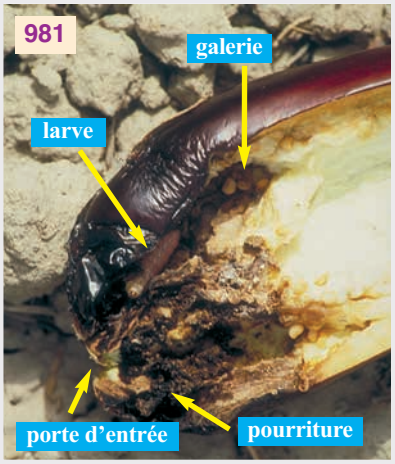
Ces divers insectes et ces champignons sont, en fait, comme les bousiers qui se nourrissent et pondent dans les excréments du bétail. Cela ne sert à rien d'attaquer ces insectes-là en espérant soigner le fruit. Ce serait comme si on tuait les mouches sur les excréments d'un bœuf malade plutôt que de soigner le bœuf.

Cet exemple nous montre qu'**en matière de lutte sanitaire, c'est l'agenda de l'agent causal qui est déterminant** pour fixer le moment de l'action.

980



981



Ne pas confondre les parasites qui attaquent un fruit - une chenille ou une larve de mouche par exemple - et tous les petits êtres vivants profitant plus tard de l'entrée découpée dans le fruit pour aller se nourrir des déchets et des pourritures laissés par leurs prédécesseurs.

Notes

Ombre ou soleil? Jour ou nuit? Pattes en bas, pattes en l'air?

Certains insectes ne supportent pas d'être exposés aux rayons du soleil. On les trouve donc à l'ombre, par exemple sous les feuilles. Si vous retournez ces feuilles, vous les verrez fuir pour se mettre à l'abri. D'autres, au contraire, aiment se chauffer au soleil. Le milieu ombragé et humide à la face inférieure des feuilles ne leur convient pas.

Certains vivent la nuit, d'autres le jour. Le ver gris vit dans la couche superficielle du sol (**979**). On ne le voit pas pendant la journée. Il s'éveille en soirée, lorsque la fraîcheur revient, et il se met à la recherche de nourriture végétale en parcourant la surface du sol. Il n'aime pas de grimper sur les tiges et se contente d'attaquer la base des pieds. En rongeant le collet des plantes, il les fait s'effondrer.

Les limaces aussi vivent la nuit, comme nous l'avons vu plus haut. Vous quittez votre jardin en fin d'après-midi, satisfait de voir germer vos plantules. Le lendemain matin, celles-ci ont à moitié disparu, broutées par les visiteurs de la nuit sortis des cavités du sol. Si vous ne faites rien, tout aura été rongé au cours de la nuit suivante. A la différence du vers gris, les limaces vagabondes montent sur les tiges. Après leurs méfaits, elles redescendent pour passer la journée dans le sol.

Les papillons de nuit, comme leur nom l'indique, s'activent la nuit. Approchez-vous du jardin avec une lampe, vous les verrez s'agiter autour de certains plants, alors que le jour, ils ne sont pas repérables. Lorsque le cultivateur rentre chez lui pour dormir, qu'il sache que les ennemis de ces plants font l'inverse.

C'est dire que les **luttes** contre les ravageurs doivent s'organiser **autant de nuit que de jour**. D'où l'utilité des pièges à lumière (**982**).

Connaître les habitudes de vie des parasites et des ravageurs est la **première étape de toute lutte** contre eux. Si, par exemple, vous voulez pulvériser un insecticide sur des insectes vivant à la face inférieure des feuilles, à quoi bon pulvériser leur face supérieure? En pulvérisant par le haut, vous n'atteindrez pas l'insecte, du moins si le produit doit le recouvrir pour être efficace. Seule une pulvérisation projetant le liquide vers le haut, sous les feuilles, sera efficace.

Si l'insecte vit caché dans des cavités et n'en sort que la nuit, c'est à ce moment que vous pourrez

l'atteindre plutôt que durant la journée.

Pour toute lutte antiparasitaire, la **question principale** est donc: "**à quel moment précis** et comment puis-je **atteindre efficacement le parasite**?"

- **au moment où il se déplace**, en marchant ou en volant?
- au **moment où il mange**?
- au **moment où il est au repos**?

De la réponse à ces questions va dépendre le type de traitement. Va-t-on appliquer ou utiliser:

- des mesures d'**hygiène**?
- des **insecticides de contact** qui enveloppent l'insecte pour le tuer?
- des **insecticides par ingestion**?
- des **produits répulsifs**?
- ou plusieurs méthodes à la fois?

Insectes et vers utiles

Les espèces d'insectes sont innombrables. Seules quelques-unes attaquent plus ou moins dangereusement nos cultures. Les autres se nourrissent ailleurs, sur des plantes sauvages, sur des déchets, dans le sol. Certaines s'attaquent à d'autres espèces d'insectes. Une bonne connaissance des espèces d'insectes parasites permet d'ailleurs parfois de créer de pièges végétaux. Des plantes pièges sont installées dans les cultures afin d'appâter des insectes qui, autrement, s'attaqueraient aux plantes cultivées.



Certaines espèces de coccinelles, surtout leurs larves, sont de grandes mangeuses de pucerons.



Ce simple piège à pétrole permet de lutter contre les insectes volant la nuit.



Peu d'araignées s'attaquent aux plantes. Par contre, elles capturent de nombreux parasites qui, eux, peuvent faire des dégâts!



Cette guêpe Epidinocarsis lopezii s'attaque aux cochenilles farineuses. On l'élève dans les plantations de manioc pour lutter contre ces cochenilles.

Peu d'araignées attaquent les plantes. Elles sont, le plus souvent, utiles, car elles capturent toutes sortes d'insectes pour en faire leur repas (983). Elles nous aident donc dans la lutte contre les parasites, et il faut éviter de les éliminer par des pratiques inadéquates.

Voici une espèce de coccinelles (985). Il en existe beaucoup d'autres. Certaines sont néfastes pour les cultures, mais celle-ci doit vraiment être préservée. L'adulte ailé et les larves se nourrissent abondamment de pucerons. Certains cultivateurs élèvent ces petits insectes pour les lâcher ensuite dans leurs champs au moment où les pucerons se mettent à attaquer les plantes.

Dans les plantations de manioc envahies par les cochenilles, on rencontre une espèce de guêpes du nom de *Epidinocarsis lopezii* (984). Elle s'attaque directement à ces ravageurs qui sont, pour elle, une nourriture appréciable. C'est donc un insecte très utile qu'il est bon de favoriser. Certaines stations de recherche en font l'élevage en vue de les disséminer dans les plantations de manioc attaquées.

Les ravageurs des cultures ont donc leurs propres ennemis, qu'ils soient visibles ou invisibles. L'utilisation de ces ennemis dans la lutte contre les ravageurs des cultures est appelée **lutte biologique**.

Mode de culture et promiscuité

Les modes de culture ont toujours une influence importante sur la propagation des ravageurs.

Voici par exemple une plantation d'ananas dans la région du Bas-Congo (986). Elle a plus de dix ans d'âge. Elle a été établie en culture pure, sur la défriche intégrale et le brûlis d'une jachère forestière. La fertilité naturelle du sol a pratiquement disparu et aucun apport d'engrais, ni organique, ni minéral, n'a été appliqué.

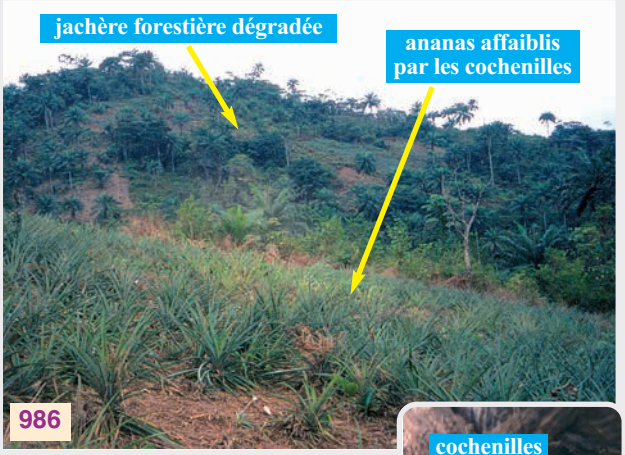
Le cultivateur se plaint d'une part des attaques de cochenilles (987), d'autre part de l'envahissement du champ par des fourmis. Il ne voit pas clairement comment lutter contre ces deux fléaux qui compromettent sérieusement sa production de fruits. En outre, il constate l'envahissement de son ananeraie par une espèce de fougères.

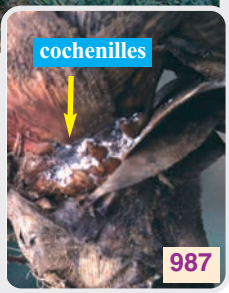
Que s'est-il passé dans ce champ?

- ⇨ après le brûlis, les rendements furent intéressants durant deux à trois ans, les ananas profitant des minéraux libérés par les cendres;
- ⇨ très systématiquement, le cultivateur a nettoyé son champ. A chaque saison, il a éliminé les adventices et les a brûlées. Seuls restaient sur le champ les plants d'ananas;
- ⇨ dans le champ, les cochenilles étaient présentes avant le défrichement. Elles trouvaient à se nourrir sur plusieurs espèces dans la masse de végétaux de la jachère forestière;
- ⇨ lorsque l'ananas est resté seul dans le champ, il a constitué la nourriture privilégiée des cochenilles. Elles se sont rabattues sur lui et y ont proliféré. Cette prolifération a affaibli les pieds d'autant plus que ceux-ci rencontraient de plus en plus de difficultés à se nourrir dans le sol appauvri;
- ⇨ la présence des cochenilles a favorisé l'arrivée des fourmis qui se nourrissent des excrétions de cochenilles. Elles ont établi de nombreux nids dans l'espace du champ, et elles gênent les travailleurs par leurs piqûres;
- ⇨ l'appauvrissement du sol, et son acidification progressive, ont favorisé la présence d'une espèce de fougères concurrente de l'ananas et n'intéressant pas les cochenilles.

Nous voyons ici que la **progression des attaques** sur les cultures est un **phénomène systémique**: disparition de la biodiversité, dégradation de la fertilité, promiscuité de l'espèce cultivée, modification des chaînes alimentaires et du complexe pathologique.

Dans un tel contexte, la **lutte antiparasitaire** devra être, elle aussi, **organisée sur un plan systémique**. Elle comprendra, par exemple, des pratiques pour relever la fertilité du sol et renforcer la résistance des plantes, l'association de cultures dans le but de diminuer la promiscuité des seuls pieds d'ananas, la plantation d'espèces répulsives pour les fourmis, la rotation culturale, le chaulage du sol pour amoindrir son acidité et réduire la présence des fougères, la limitation de la culture dans le temps, etc.





Le mode de culture de cette ananeraie a provoqué une promiscuité favorable à une espèce de cochenilles affaiblissant les pieds d'ananas. Les fourmis, intéressées par la présence des cochenilles, ont envahi le champ.

Familles d'insectes et d'araignées

Les scientifiques ont regroupé les plantes, les animaux et les organismes microscopiques en **familles d'espèces** ayant des caractéristiques semblables. Les insectes, les araignées, les fourmis, les termites et d'autres bestioles qui leur ressemblent, n'échappent pas à cette classification. Mais elle est très complexe et nous ne pouvons entrer ici dans les détails.

Les familles se distinguent par le nombre et la forme des pattes et des ailes, par la forme de la tête et de la bouche, par celle du thorax ou de l'abdomen et par leur cycle de développement.

Parmi les nombreuses familles connues, dix seulement comportent des espèces nuisibles pour les cultures (991). La reproduction des dix grandes familles citées se fait le plus souvent en phases successives, comme nous l'avons vu plus haut. Il est possible de reconnaître leurs chenilles et leurs larves en vérifiant le nombre de pattes et de "fausses pattes". Attention! Il y a des exceptions, des variations, des différences nombreuses qui font que le tableau n'est là que pour nous orienter. Notons que, chez certaines familles présentées (pucerons, termites, araignées, neuroptères et thrips), les larves ressemblent aux adultes dès leur naissance et peuvent grandir progressivement jusqu'à devenir adultes. On dit qu'elles ont un **cycle incomplet**.

988 *Connaître la vie des ennemis avant de la combattre*

Toute lutte suppose d'abord de connaître celui qu'on attaque. Les observations peuvent se faire autour des questions suivantes:

- ✓ Quel est le mode de vie du ravageur?
- ✓ Quelle est son alimentation?
- ✓ Quel est son mode de reproduction?
- ✓ Quels sont ses modes de déplacement?
- ✓ Quels sont les modes de transmission de la maladie causée par l'agent?
- ✓ Quelles sont ses périodes d'activité?
- ✓ Quels sont les symptômes remarquables de l'attaque?
- ✓ Où sont les réservoirs d'œufs ou de semences de l'agent?
- ✓ Quelles sont les périodes de sensibilité ou de vulnérabilité des plantes attaquées?
- ✓ L'agent provoque-t-il lui-même les dégâts ou est-il l'agent vecteur d'un autre ravageur?
- ✓ Les dégâts sont-ils mortels pour la plante, ou peuvent-ils être soignés ou limités aux parties attaquées?
- ✓ Quel est le contexte général dans lequel se situe l'attaque: type de milieu, climat, saison,...?
- ✓ Quel est le complexe parasitaire dans lequel se fait l'attaque? Plusieurs déprédateurs sont-ils associés dans l'attaque?

Les parasites microscopiques

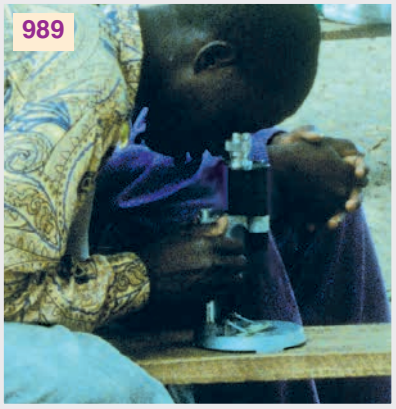
Passant du plus grand au plus petit, nous avons déjà rencontré beaucoup d'ennemis de nos cultures: les bœufs et les singes, les rongeurs, les criquets, les chenilles, les termites, les nématodes. Il existe aussi des insectes très petits comme les pucerons ou les psylles. Nous avons vu des acariens tellement minuscules qu'il a fallu les observer acec une forte **LOUPE** ou un **BINOCULAIRE** (989). Ce sont des instruments indispensables pour la plupart des observations en phytopathologie.

Mais il y a plus petit encore: ce sont les **organismes microscopiques** ou **micro-organismes** pathogènes. Pour les observer, on doit utiliser un **MICROSCOPE** (990 et 992).

Les micro-organismes se trouvent partout. Ils vivent à la surface et dans le corps des êtres vivants, dans l'eau, dans le sol et dans l'air. Ils sont innombrables sans que nous les remarquions. C'est eux qui provoquent la transformation du lait en fromage; ils sont dans nos intestins pour permettre de digérer les aliments; ils sont dans les excréments; dans les composts, ils décomposent les déchets de matière vivante en humus.

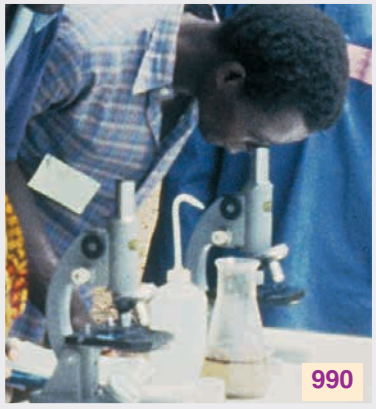
Mais les micro-organismes sont aussi à l'origine de très nombreuses maladies chez les plantes, les animaux et les hommes. On en constate les dégâts, sans pourtant pouvoir les observer eux-mêmes.

On distingue trois grandes catégories de micro-organismes s'attaquant aux plantes de façon significative: les **champignons**, les **bactéries** et les **virus**.



989 *Le binoculaire permet de voir de très petits éléments animaux ou végétaux, dans leurs trois dimensions, avec des grossissements allant jusqu'à 60. Aucune préparation spéciale des éléments observés n'est nécessaire.*

Avec le microscope optique, l'observation se fait par transparence à travers une lamelle de verre. On obtient des grossissements allant jusqu'à 300. Des préparations à base de colorants sont le plus souvent nécessaires.



990

Notes

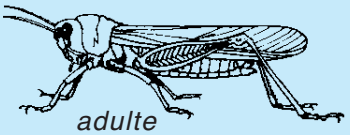
991

Les grandes familles d'insectes attaquant les plantes cultivées

[Les noms entre ( ) sont les noms scientifiques]

Grillons et sauterelles
(orthoptères)

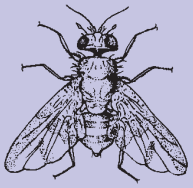
ils broutent et ils broient



adulte

Mouches
(diptères)

elles sucent et elles piquent pour pondre leurs œufs; les larves broient



adulte



larve

Papillons (lépidoptères)
les adultes sucent, les larves broient



adulte



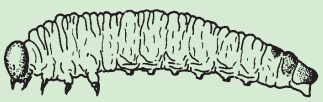
larves



Abeilles (hyménoptères)
elles peuvent broyer mais souvent elles sucent et lèchent



adulte



larve

Neuroptères ils broient



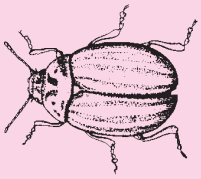
adulte

Thrips (tysanoptères)
ils piquent pour sucer



adulte

Coléoptères
ils broutent et ils broient



adulte



larve

Punaises
(hétéroptères)

elles piquent pour sucer



adulte

Pucerons
(homoptères)

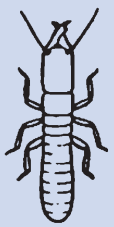
ils piquent pour sucer



adulte

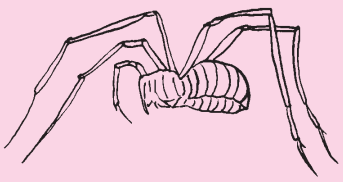
Termites
(isoptères)

ils rongent pour se nourrir



Les **araignées** ne sont pas des insectes mais font partie d'une famille cousine.



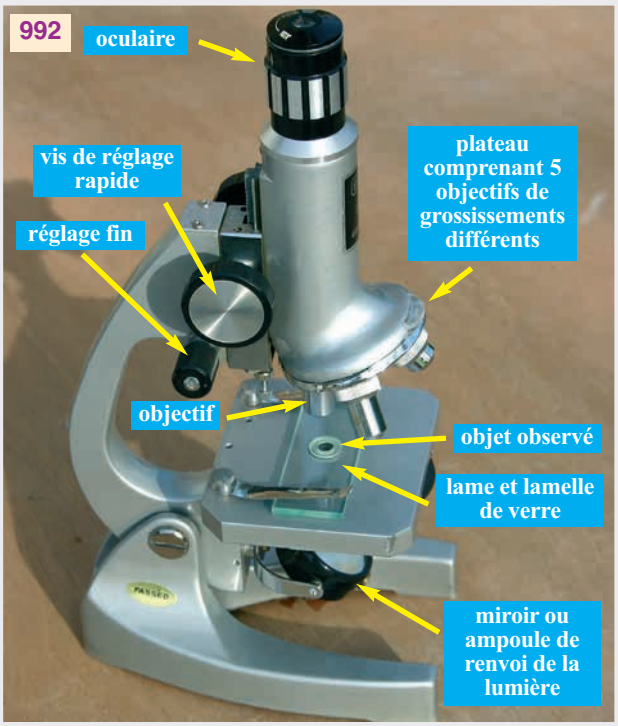


Ce tableau a été réalisé d'après les figures du livre "*La défense des plantes cultivées*", sous la direction de R. Bovey, Editions Payot, Lausanne, 1972.

Remarques sur le tableau 991

Les petits animaux décrits dans ce tableau n'ont pas tous été dessinés à leur taille réelle. Ils sont parfois plus grands ou plus petits que dans la réalité.

Certains animaux, comme les punaises ou les pucerons, sont à peine visibles à l'œil nu. D'autres, comme les papillons ou les araignées, peuvent parfois être aussi grands qu'une main. Le terme "famille" est utilisé ici dans son sens général plus que dans le sens de la classification scientifique. Pour une plus ample information sur les insectes et sur leur classification, on peut consulter des livres spécialisés, comme par exemple celui de Michael Chinery, cité en référence bibliographique.



Composition d'un microscope

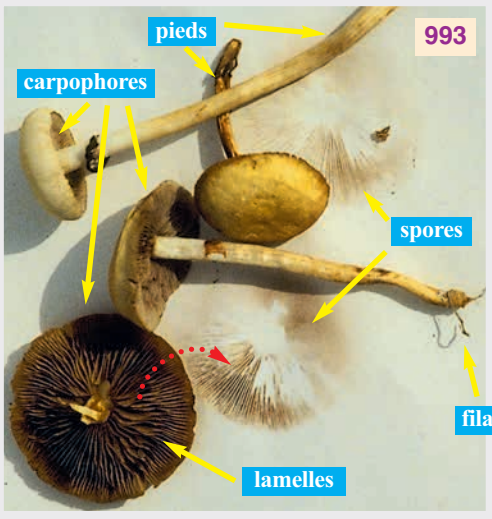
Les champignons

Les ménagères connaissent les champignons comestibles, mais il y a aussi ceux qui sont indigestes, ou même vénéneux, et qui empoisonnent celui qui les mange.

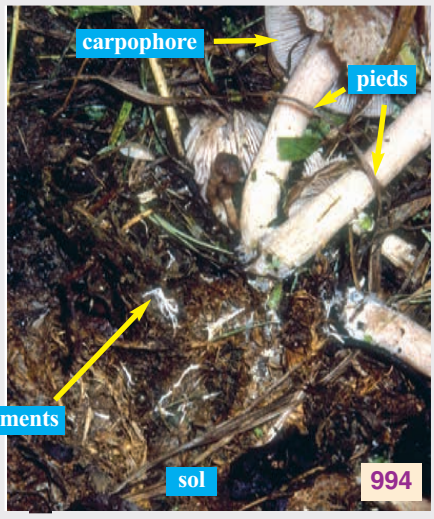
Voici des champignons récoltés dans une prairie (**993**). On distingue le pied et le chapeau. Sous celui-ci, il y a des lamelles disposées en rayons. On appelle **CARPOPHORE** la partie du champignon qui sert à produire des semences. Certains sont constitués de lamelles, comme à la photo **993**. D'autres sont formés d'alvéoles qui sont généralement disposées vers le sol, mais il se peut qu'elles soient orientées vers le ciel.

Si le chapeau du champignon est bien visible à l'air libre, il n'est cependant qu'une partie de la masse du champignon. Le reste se trouve sous terre et s'étend parfois loin, un peu comme les racines superficielles d'un grand arbre. Ce sont les **FILAMENTS** blancs, noirs ou de couleur. Parfois, on en distingue la masse dans le sol (**994**), mais souvent, il faut utiliser une loupe.

Sous le chapeau, entre les lamelles, le champignon produit ses semences appelées **SPORES**. Si nous déposons le chapeau sur une feuille de papier, nous les voyons, une heure après, sous la forme d'une poussière plus ou moins colorée. Ce sont ces spores minuscules du champignon qui vont être emportées par l'eau, par le vent, par les insectes ou même par l'homme, et qui germeront là où elles trouveront le mileu qui leur convient.



Après avoir déposé le chapeau durant une heure sur une feuille de papier, on l'a retourné. On voit sur la feuille une poussière formée de spores.



Ces filaments de champignons progressent dans le sol à la recherche de nourriture.

Tous les champignons ne forment pas de carpophores. En voici qui se développent à la surface de déchets ménagers (**996**). Leurs filaments ont poussé à l'air libre et on voit des points blancs: ce sont les sacs de semences appelés **SPORANGES**. Sur ces concombres (**997**), on reconnaît au moins cinq espèces de champignons et leurs sporanges. Ils ont des aspects et des couleurs très diverses. Certains se nourrissent à l'intérieur du légume, d'autres en surface.

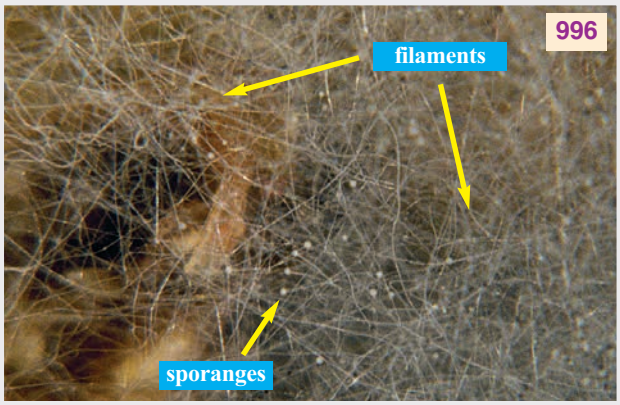
Les champignons qui ravagent les plantes peuvent, selon l'espèce, envahir les racines, les collets, les tiges, les feuilles, les fruits. Ils ont leurs habitudes de consommation très spécifiques et leurs "modes d'expression" particuliers. Ce sont leurs comportements sur les plantes attaquées, et les manifestations spécifiques qu'ils provoquent, qui forment les symptômes dont nous avons parlé plus haut.

995 Filaments et sporanges



Les champignons pluricellulaires sont formés de filaments ou de pelotes. Les formes des organes de reproduction des champignons pluricellulaires sont très variées.

Notes



Les filaments de ce champignon se développent à l'air libre pour y former leurs sporanges. Le même type de filaments se développe à l'intérieur de la matière en putréfaction.



En quatre ou cinq jours, pas moins de cinq espèces de champignons sont apparues sur ces concombres en putréfaction.

Les espèces de champignons sont très nombreuses

Voici une plante de la famille du gombo attaquée par un champignon du nom de *Puccinia*. Ce champignon a développé ses filaments à l'intérieur des feuilles. Il s'est ensuite mis à fructifier sous forme de pustules orangeâtres (**998** et **999**). Ces pustules contiennent les sporanges qui vont fabriquer et disséminer les spores. Elles sont emmenées par le vent, l'eau de pluie et les insectes.

Puccinia est le nom du champignon provoquant cette **rouille**. "Rouille" est le nom que l'on donne aux maladies qui se manifestent par des petites taches de couleur orange ou brun clair. Plusieurs espèces cultivées peuvent être atteintes de rouilles: le gombo, l'arachide, le blé, le caféier, le maïs, le sorgho, etc. Mais *Puccinia* n'est pas la seule espèce de champignons provoquant cette affection.

La feuille de courge qu'on voit à la photo **1000** est en train de mourir par suite de la présence d'un champignon du nom de *Oïdium*. Il a envahi tous les tissus foliaires et les détruit. Mais avant cela, il a développé ses sporanges en surface de la feuille. Les spores se détachent très facilement et se répandent dans l'air ou dans l'eau comme de la fine poussière. Elles sont emportées et disséminées par tous les animaux de passage, des plus petits insectes aux grands mammifères et aux oiseaux.





Aspects typiques d'une attaque de rouille. A droite, on voit les pustules fortement grossies qui vont lâcher les spores de Puccinia. C'est le champignon responsable de cette maladie.



Ces feuilles sont couvertes de spores d'Oïdium prêtes à se disséminer. Lorsqu'on les touche, les doigts se couvrent de spores.



Phytophtora sur cabosse de cacao (pourriture brune)



Mildiou sur des tomates, provoqué par le champignon Phytophtora infestans

D'une façon générale, on parle de **blanc** pour caractériser ce genre d'attaques.

On parle de **mildiou** pour citer les attaques des champignons du genre *Phytophtora* sur un grand nombre d'espèces.

Le mildiou de la pomme de terre est un champignon dont le nom est *Phytophtora infestans* (**1003**). On le voit ici sur une feuille de pomme de terre, mais il peut aussi se fixer sur d'autres plantes de la même famille, comme la tomate (**1002**). Il attaque aussi bien les feuilles que les tiges, les tubercules et les fruits. Sa dissémination rapide dans les plants atteints provoque leur mort. La photo **1001** montre une cabosse de cacao, elle aussi atteinte par un *Phytophtora*. C'est la maladie de la **pourriture brune** qui crée tant de dégâts dans les plantations africaines.

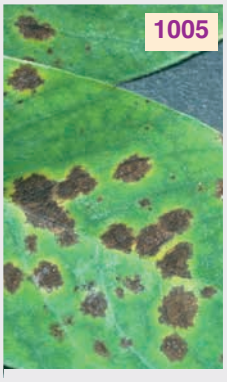
Les champignons du genre *Phytophtora* se ressemblent si on les regarde au microscope et diffèrent quant à leur mode de vie. *Phytophtora palmivora* attaque les tissus de l'hévéa et du cacaoyer, *Phytophtora cinnamomi* attaque spécifiquement l'ananas, *Phytophtora infestans* attaque la pomme de terre et la tomate. Si toutes les espèces de *Phytophtora* se ressemblent, toutes n'attaquent pas les mêmes plantes. C'est la même chose pour d'autres espèces de champignons.



Phytophtora sur feuilles de pomme de terre (mildiou)



Alternaria sur feuille de pomme de terre



Cercospora sur arachide

Alternaria est une autre espèce de champignon qui envahit de nombreuses plantes. La maladie qu'elle provoque est dite **alternariose**. On en voit les effets sur une feuille de pomme de terre (**1004**). Les taches pro-

voquées sur les feuilles par *Alternaria* sont marquées de zones concentriques. On le trouve sur d'autres plantes, comme le tabac, la patate douce, le cotonnier, l'oranger.

Autre genre important de champignons: les *Cercospora* que l'on trouve sur l'arachide (**1005**), le caféier, le palmier à huile, le manioc, le tabac, le riz, l'oranger (**1006**) et d'autres espèces cultivées. Ces champignons se manifestent par des taches arrondies ou parfois allongées, de couleur brune. Elles sont entourées d'une zone décolorée jaunâtre et se rejoignent progressivement entre les nervures. Ces attaques sont appelées **cercosporose**.


1006

Cercospora sur une orange

Les champignons nuisibles ont souvent des habitudes très typiques. Les pourridiés, par exemple, s'attaquent aux racines et au collet des arbres. L'armillaire *(Armillaria)* est un pourridié qui se développe sur les racines des arbres (**1008**). En les détruisant, il compromet l'alimentation de l'arbre, attaqué dans sa partie souterraine.

Le *Fusarium* est l'agent qui provoue le flétrissement fusarien, ou **fusariose** (**1011**). Il prolifère dans les tiges et bouche les canaux dans lesquels monte la sève. L'arbre ou la plante dépérit brusquement en commençant par le haut, car les feuilles ne sont plus nourries.

Verticillium aussi bouche et détruit les canaux dans lesquels monte la sève. Il provoque les **trachéomycoses**, comme sur ce cotonnier (**1007**). Les feuilles commencent à se dessécher par le bas.

On peut constater ces attaques en fendant les tiges ou les branches, comme on le voit sur la photo **1012**.

Comment se reproduisent les champignons?

De façon simplifiée, nous pouvons dire que les champignons se reproduisent de deux façons (**1010**):

- par leurs spores qui, comme les graines, sont le **produit d'une fécondation**,
- par des **morceaux de filaments**, que nous pouvons comparer à des boutures de plantes.

Les deux formes de semences de champignons sont très répandues et sont facilement emportées par l'eau et le vent. Elles sont aussi disséminées sur les pattes des insectes, sur les poils ou les plumes des animaux, et par la main ou les outils de l'homme.

La production de filaments et de spores est ce qui distingue les champignons des bactéries et des virus dont nous allons parler ci-après.

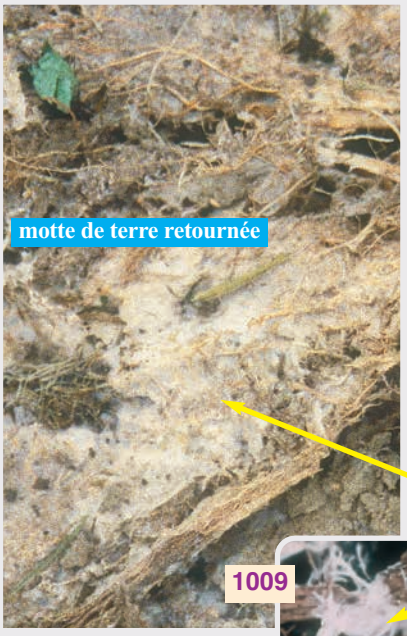
Les spores de champignons sont minuscules, mais nous avons pu voir la poussière qu'elles forment quand elles sont nombreuses. Nous avons aussi pu voir des filaments de champignons au moyen de simples loupes. Même microscopiques, les champignons produisent donc des éléments bien visibles à l'œil nu à certaines phases de leur vie, contrairement aux bactéries qu'il est impossible de voir à l'œil nu.

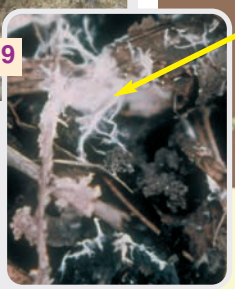

1007

Le champignon Verticillium a envahi un plant de cotonnier, empêchant la sève de monter des racines vers les feuilles. C'est une trachéomycose.


1008

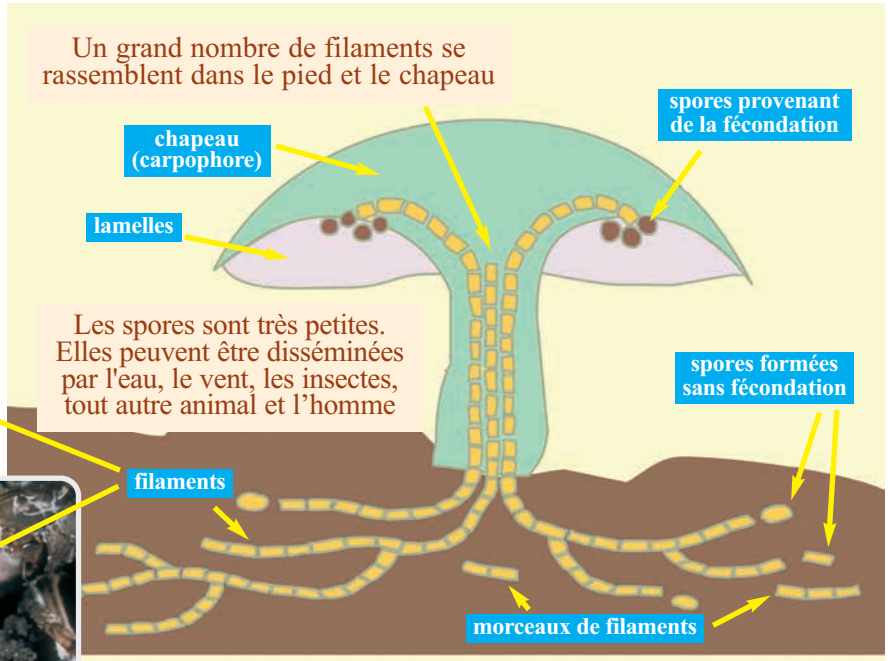
Racines de théiers atteints par l'armillaire. Ce champignon provoque une pourriture des racines et menace la croissance de l'arbuste.





En soulevant cette motte de terre, on découvre un duvet formé par les filaments blancs d'un champignon.

1010 Reproduction des champignons "à chapeau"





Le champignon Fusarium a proliféré sur la tige de poivron et a bouché brusquement les canaux de sève montante.



Lorsqu'on a fendu ces rameaux, on a constaté la présence d'un champignon dans les vaisseaux.

Les bactéries

Les **bactéries** sont des micro-organismes qu'on ne peut observer qu'au microscope. Elles provoquent des **bactérioses**.

Les bactéries ne se reproduisent que d'une seule façon: elles divisent leur corps en deux parties, un peu comme on divise en deux une petite boule de pâte. Chaque partie se nourrit là où elle se trouve, grossit et se divise à nouveau. Cette méthode de reproduction est très efficace. En quelques heures, une seule bactérie mère peut reproduire 500 bactéries filles et chacune de celles-ci se met également à se reproduire. Cette capacité de se reproduire rapidement explique que, bien souvent, les attaques de bactéries sont foudroyantes.

La figure **1013** schématise comment cela se passe.

Voici un pied de pomme de terre qui a été attaqué à partir de sa base par une bactérie du nom de *Pseudomonas sola-*

Notes

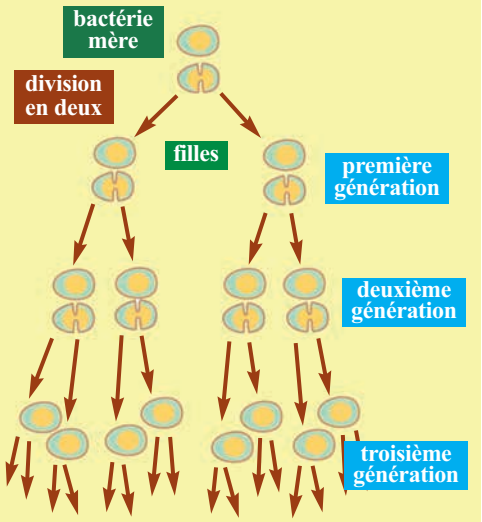
nacearum (**1014**). On constate une pourriture humide et odorante sur les tubercules. Cette bactérie attaque aussi la tomate.

Pseudomonas syringae est une bactérie du même genre que *Pseudomonas solanacearum*. Mais elle attaque les gousses de haricots plutôt que la pomme de terre ou la tomate. Lorsqu'elle attaque les gousses, on voit apparaître des taches vertes, luisantes, humides, qui, en se desséchant, deviennent brunes et noires (**1015**). Les gousses se déforment.

Voilà deux exemples de bactéries attaquant les plantes. Il en existe d'autres comme *Xanthomonas ou Erwinia*.

Le nombre d'espèces de bactéries parasites des plantes est moindre que celui des champignons, mais les dégâts qu'elles provoquent sont souvent tout aussi graves.

1013 ***Reproduction des bactéries***



Les bactéries se divisent simplement en deux parties égales qui deviennent vite capables, elles aussi, de se diviser.

Lorsque les déchets de plants infectés par des bactéries se décomposent à terre, celles-ci survivent un certain temps dans ces déchets, jusqu'au moment où elles trouveront d'autres victimes à parasiter. Les bactéries se propagent aussi facilement par les semences des plantes: graines, boutures, tubercules, bulbes, rejets de souches,... Des mesures d'hygiène sont donc indispensables pour éviter de semer les bactéries parasites en même temps que les plants. Le vent, l'eau de pluie, les insectes, sont aussi des agents de propagation lorsqu'ils transportent des petits déchets de la plante malade.

Comme les champignons, les bactéries ont leurs habitudes. Elles s'attaquent aux feuilles, aux nervures, au bois, aux fruits, aux racines, aux canaux conduisant la sève, etc. La localisation précise et l'aspect des dégâts sont des critères importants pour déterminer le type de bactérie parasite. Il faut en prendre note lorsqu'on veut consulter un service spécialisé ou un expert.

Il y a beaucoup de ressemblances entre les dégâts occasionnés aux plantes par des champignons et ceux provoqués par des bactéries. L'expérience et la consultation de spécialistes ou de livres spécialisés sont souvent nécessaires pour découvrir l'origine exacte d'une maladie.

1014



La bactérie Pseudomonas solanacearum provoque la pourriture brune et humide de la pomme de terre. Elle s'attaque aux tiges et aux tubercules.

Pseudomonas syringae provoque la pourriture humide des gousses de haricots.

1015



Champignons et bactéries: plus de bons que de mauvais

Si vous dites: *"Les hommes sont tous mauvais"*, vous vous trompez autant que si vous dites le contraire! De même pour les insectes, les champignons, les bactéries ou les vers.

Il y a en effet des champignons et des bactéries tout à fait indispensables pour la vie des hommes et des plantes. D'autres, par contre, sont franchement gênants.

Prenons quelques exemples. Plusieurs espèces de bactéries sont responsables de la transformation des matières organiques déposées sur le sol en sels minéraux. Elles participent très utilement à la fertili-

sation. D'autres bactéries vivent dans les nodosités des racines de légumineuses. Leur association avec les plantes de cette grande famille permet à celle-ci d'enrichir le sol. Ce sont aussi des bactéries et des champignons appelés **levures** qui permettent de fabriquer les fromages ou le yaourt et de faire monter la pâte à pain. Les levures sont aussi présentes dans les bières de mil, de banane, d'orge, etc.

La connaissance des bactéries utiles est d'ailleurs l'une des sciences importantes dans l'apprentissage des ingénieurs et techniciens d'agriculture.

Les virus

Un microscope ordinaire ne permet pas de voir un virus. Il faut des appareils beaucoup plus perfectionnés. Pourtant, les virus existent bel et bien et causent des dégâts considérables aux cultures.

Les **viroses** sont les maladies provoquées par des **virus**. Elles se manifestent sur les plantes par divers signes: les feuilles se décolorent par taches souvent allongées ou disposées en dentelle; elles se déforment; elles deviennent cassantes. Le tableau **1016** présente une série de cas de viroses.

On peut comparer les virus à des poisons qui se répandent progressivement dans les organes des plantes - feuilles, tiges ou racines - et qui les empêchent de fonctionner normalement. Mais ces poisons sont capables de se reproduire et de se propager dans les plantes, car ils sont vivants. Ils sont transportés dans les organes des plantes par la sève.

Le virus **détourne l'activité normale des cellules** de la plante hôte. Celle-ci est de plus en plus malade, comme un homme qui souffrirait du cancer ou du sida. En effet, comme les bactéries, les virus se reproduisent à l'infini jusqu'à dérègler complètement les organes des plantes qu'ils attaquent.

Dans certains cas, les symptômes des viroses ressemblent à ceux de la malnutrition ou des empoisonnements dont nous avons parlé plus haut. L'une et les autres ont en commun de perturber le fonctionnement des tissus et de provoquer leur déformation.

Nous avons dit que les bactéries peuvent survivre dans les déchets de plantes malades déposés sur le sol. Les **virus** qui attaquent les plantes, eux, **ne peuvent vivre que dans la matière vivante**: feuilles vertes, tiges, racines ou graines, ou, durant de courtes périodes, dans le corps des insectes qui se nourrissent de la plante attaquée par le virus.

La **propagation** des virus se fait de deux façons.

1016 Quelques attaques de virus

1017



Feuilles de haricot virosées

1018



Graines de soja virosées

1019



Mosaïque sur feuilles de soja

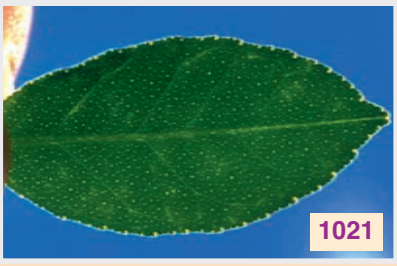
1020



Aspect typique d'une virose: les tissus foliaires se décolorent par taches nettes.

Effet du virus de la tristeza sur le citronnier

1021



1022



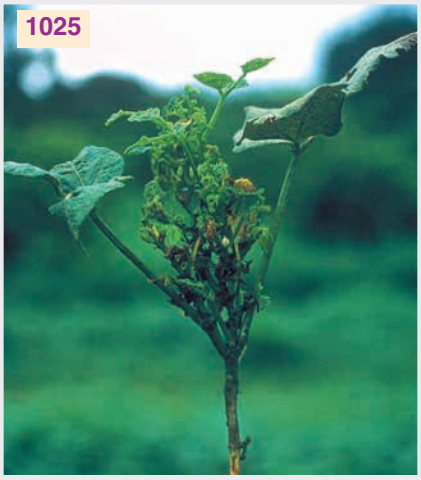
Maladie des bandes sur maïs

suite →

1016 *(suite)*


1023


1024


1025

Les maladies à virus provoquent la déformation des organes de la plante. De gauche à droite: enroulement et rabougrissement d'un plant virosé de tabac, croissance dérèglée d'un pied de manioc atteint de mosaïque, dégénérescence d'un plant de haricot virosé après envahissement par des pucerons.

❒ D'abord par l'intermédiaire d'**insectes piqueurs**. Le puceron *Aphis* qui transmet à l'arachide le virus de la rosette (**955**). La mosaïque du manioc est transmise par l'insecte piqueur appelé *Bemisia*. La maladie des bandes de maïs est transmise par un insecte appelé *Cicadulina* ou cicadelle (**974** à **976**). Le virus de la tristeza est aussi transmis par des insectes piqueurs (**1021**).

❒ La propagation des virus se fait aussi par les **graines** et par les **boutures**. L'homme est donc grandement responsable de la propagation des maladies à virus dans ses propres cultures, lorsqu'il ne choisit pas bien les plantes sur lesquelles il prélève les boutures, les rejets ou les graines à semer.

Pour les **luttes** contre les viroses, il est essentiel de distinguer l'agent causal qu'est le virus, du vecteur qui est souvent un insecte piqueur, ou le cultivateur.

✣ Dans le premier cas, **c'est l'insecte vecteur qu'on va combattre**.

✣ Dans le second cas, **ce sont les pratiques agricoles qu'il va falloir améliorer**, en particulier lors de la reproduction des plantes par graines ou boutures.

Lorsqu'un virus est installé dans une plante, il est impossible de le combattre par l'intérieur. C'est donc **avant qu'il ne se propage** qu'il faut prendre des mesures:

➠ ne cultiver que du **matériel parfaitement exempt** de virus,

➠ **éliminer** au plus vite les **organes envahis**,

➠ **éliminer complètement les plantes virosées** pour que les vecteurs ne puissent plus faire le plein de virus lors de leurs déplacements de plante en plante,

➠ utiliser des **variétés résistantes** au virus.

Comment les microbes pathogènes se propagent-ils?

Les micro-organismes pathogènes ne sont pas visibles à l'œil nu. C'est pourquoi il est difficile d'observer directement leur mode de propagation. Nous allons donc faire quelques comparaisons car, à une autre échelle, les êtres que l'on ne voit pas se comportent souvent comme ceux qui sont visibles.

La transmission par contact

Commençons par deux comparaisons. Les graines de "cram-cram" se collent à nos vêtements (**1027**). Nous les transportons d'une parcelle à l'autre, sans nous en rendre compte. Elles tombent sur le sol au gré de nos pas. De même quand elles s'accrochent au pelage des animaux.

La farine de maïs est constituée de grains très fins. Si on en mélange un peu dans l'eau et qu'on plonge la main dans le liquide, une pellicule d'eau et de farine se

colle à la peau. Un contact avec la main d'une autre personne suffit pour que des grains de farine se posent sur cette main (1026). Imaginons qu'au lieu de tremper la main dans le bol de farine, elle ait été plongée dans une rigole d'eau sale ou dans une macération de déchets de plants malades. Les germes microbiens seraient aussi passés d'une main à l'autre.

De même, si les doigts touchent une feuille ou un organe couvert de spores de champignons, et qu'ils touchent ensuite des feuilles saines, les spores vont se poser sur ces dernières. A une autre échelle, quand ils se déplacent sur des organes végétaux infectés, les mouches, les chenilles, les fourmis, les charançons et les autres animaux se chargent de spores, de bactéries, ou d'autres germes de ravageurs. Ils sont déposés plus loin sur d'autres plantes, au gré des déplacements. C'est la transmission par contact.

L'eau

Les microbes voyagent avec l'eau.

Les gouttes de pluie ou d'arrosage par aspersion giclent sur les feuilles ou sur le sol, et y rebondissent. Ce faisant, elles emportent avec elles des spores et des bactéries. Celles-ci sont déposées sur des plantes encore saines qui seront attaquées. Ou alors, elles retombent sur le sol et s'infiltrent en même temps que l'eau qui percole. Là, elles rencontrent les racines et peuvent les envahir.

Qu'elle soit stagnante ou en mouvement, l'eau du sol ou l'eau qui ruisselle est un ardent propagateur des maladies microbiennes. L'eau d'arrosage, elle aussi, transporte des germes si elle est prélevée dans des lieux malsains.



L'eau qui ruisselle sur le sol entraîne avec elle toutes sortes de germes microbiens ou parasitaires.



Une main recouverte de spores ou de bactéries transmet celles-ci lors d'une simple poignée de mains.



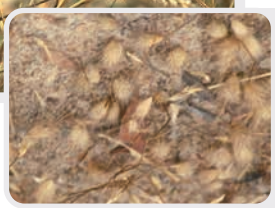
Le vent

Le vent aussi emporte les germes de microbes. Ils se déposent sur les feuilles, les branchettes, les écorces,... et là, ils germent si l'endroit leur convient et envahissent les tissus de la plante. Le vent favorise la dissémination des spores de champignons et aussi celle des insectes vecteurs de parasites.

L'homme

L'homme est lui aussi grandement responsable de la propagation de germes de maladies d'une plante à l'autre, d'un champ à l'autre, et même d'une région ou d'un continent à l'autre. **Comment** fait-il cela?

- ⇨ **Il circule** dans les champs **sans prendre de précautions**, entraînant des spores, des bactéries ou des insectes vecteurs, sur ses vêtements, ses mains ou ses outils.
- ⇨ **Il laisse traîner les déchets** de plantes malades à même le sol, dans les cultures, ou sur des tas, constituant ainsi des réserves de parasites que ses pieds, ceux de ses animaux, des insectes ou l'eau de ruissellement auront vite fait de propager.
- ⇨ Il sème des **graines ou des boutures déjà infectées**, plutôt que de les sélectionner pour s'assurer de leur santé.
- ⇨ **Il blesse ses plantes** ou ses arbres, ce qui **crée des portes d'entrée** pour toutes sortes de parasites se trouvant dans le milieu avoisinant.
- ⇨ Il laisse se dégrader la **fertilité du sol** qu'il cultive. Les plantes



Certains germes de microbes sont à l'image de ces graines de cram-cram qui se propagent en s'accrochant à la peau, aux vêtements ou au pelage, ou en se laissant emporter par l'eau de ruissellement.

malnutries résistent beaucoup moins bien aux attaques parasitaires que celles qui sont bien nourries dans un sol fertile et propre.

⇨ Il transporte du **matériel végétal d'une région ou d'un pays à l'autre**, sans veiller à la santé de ce matériel et sans le tester en quarantaine. La **QUARANTAINE** est le fait d'isoler des végétaux, des animaux ou l'homme durant un certain temps, de façon à vérifier qu'il ne porte pas de maladie.

Les microbes se déplacent-ils d'eux-mêmes?

On distingue les micro-organismes unicellulaires des pluricellulaires. Un micro-organisme **UNICELLULAIRE** est **formé d'une seule cellule**. Pour se multiplier, ces cellules se divisent en deux en se resserrant au milieu, comme on l'avait schématisé plus haut (**1013**). Si aucun agent ne vient les emporter, elles forment de petits amas qui gonflent sur place.

Un organisme **PLURICELLULAIRE**, comme son nom l'indique, est constitué de **plusieurs cellules** qui sont accolées les unes aux autres. Ces cellules peuvent former des **filaments** plus ou moins longs, comme le montrait la figure **995**.

Le caractère uni- ou pluricellulaire détermine, en même temps que d'autres facteurs, le mode de propagation des micro-organismes pathogènes.

A la surface des plantes, les micro-organismes pathogènes et les virus ne se déplacent quasiment pas d'eux-mêmes. Ils sont toujours **transportés par les vecteurs** dont nous avons parlé.

A l'intérieur des plantes, on peut relever **trois modes de propagation** des micro-organismes.

➥ Certains ont tendance à se propager **de cellule en cellule**, à l'intérieur des tissus végétaux et animaux. Ils traversent leurs parois pour infecter les contenus de ces cellules et les détruisent plus ou moins rapidement. Ils sont capables de "nager" dans les contenus cellulaires humides.

➥ D'autres **se laissent entraîner par les sèves** montantes ou descendantes, dans les vaisseaux et les nervures, avant de pénétrer dans les cellules.

➥ D'autres encore vont **développer des filaments** à l'intérieur des tissus, dans les espaces entre les cellules, ou dans les vaisseaux conducteurs de sèves.

Beaucoup de pathogènes ont leurs **tendances alimentaires**. C'est pourquoi ils choisissent les types de cellules qu'ils attaquent: tissus foliaires, nervures, bourgeons, écorces fraîches, etc. C'est parfois en consommant spécifiquement les cellules de ces tissus, ou simplement en y proliférant, qu'ils signent leurs méfaits.

Conclusion

Il y a bien d'autres choses à dire sur le monde des ravageurs et des parasites s'attaquant aux cultures. Ces pages n'ont été qu'une approche de la question, en guise d'introduction. L'inventaire et l'étude des maladies et des parasites doit donc être poursuivie en permanence, dans les champs, les fermes et les laboratoires, en procédant toujours à partir de diagnostics précis.

Nul ne peut connaître **tous** les ennemis des cultures. Mais chacun peut apprendre à observer l'**un** d'entre eux. Relevons la valeur de ce principe: *"Pour lutter contre un ravageur, ne te précipite pas pour acheter le premier produit chimique qu'on voudra te vendre. Commence plutôt par connaître en détail toute la vie de ce ravageur. C'est ainsi que tu connaîtras et les armes qu'il faut utiliser et le moment où tu devras lutter. C'est aussi de cette façon que tu seras à même de mener en profondeur les nécessaires discussions et les expérimentations entre agriculteurs, techniciens et chercheurs"*.

Parmi les dégâts que nous observons dans nos parcelles cultivées, pouvons-nous en reconnaître quelques-uns? Comment se présentent exactement les ravages ? Quels sont les effets sur les plantes attaquées, à titre individuel (sur chaque plante)? Quels sont les effets du ravage sur le champ ou le jardin dans son ensemble? Quels en sont les conséquences économiques?

Quels sont les éléments précis du diagnostic? Dans quel milieu les ravages ont-ils tendance à se manifester? A quelles époques? Pouvons-nous déterminer le cycle de vie des ravageurs?

Quels sont les agents de propagation? Qu'est-ce qui les encourage?

Quels sont les comportements humains qui favorisent la présence des germes pathogènes et des déprédateurs?



Chapitre 39
Les luttes phytosanitaires

Le chapitre 38 nous a introduit dans le domaine complexe de la phytopathologie et des ravages. Parlons maintenant des luttes préventives et curatives qu'on peut mener pour combattre ces ravages.

Luttes contre les ravageurs

Luttes préventives et curatives

Nous allons aborder les luttes sous **deux angles**:

- celui de l'**HYGIÈNE** des plantes, c'est-à-dire de la **lutte PRÉVENTIVE**. Son but est d'**empêcher les parasites de s'installer** dans les cultures, ou du moins de limiter leur développement exagéré. Le mot **hygiène** a la même signification pour les plantes que pour les hommes et les animaux. Ses principes sont valables pour toutes les cultures: on tente d'éviter que des ravageurs ou leurs vecteurs s'y installent. La première règle de l'hygiène est la **propreté**.
- celui des **luttes CURATIVES**. Elles consistent à **soigner** et à **traiter** des plantes blessées ou déjà envahies par les parasites.

Les **mesures préventives et curatives vont évidemment de pair** dans les champs et les jardins.

Par exemple, pour lutter contre le **mildiou** attaquant la tomate, on agira de plusieurs façons:

- en **combattant la présence des spores** de *Phytophtora* dans le sol: propreté, nettoyage des déchets végétaux infectés, brûlage des fruits malades, rotations culturales;
- en **limitant le splash** des pluies sous les plants de tomate pour éviter la projection de terre et des spores qu'elle contient sur les feuilles et les fruits;
- **en traitant** les pieds au moyen d'un fongicide afin de tuer les spores qui seraient déjà installées à la surface de ces organes, et ceci avant qu'elles n'y pénètrent;
- lorsque le champignon s'est installé à l'intérieur des plants, il n'est plus possible de l'atteindre avec le fongicide. La chose à faire est alors d'**arracher les plants malades** et de les brûler à l'écart des plants sains, en veillant à ne pas toucher ceux-ci avec des mains ou des outils infectés.

La lutte contre le mildiou s'organise donc autour d'un **ensemble de mesures** qui s'appliquent **tout au long du cycle cultural** et, nous allons le voir, **sur la durée des cycles successifs et des rotations culturales**.

Prenons un autre exemple. Lorsque le virus de la **rosette** s'est installé à l'intérieur d'un pied d'arachide, on ne dispose d'aucun moyen pour guérir ce plant. On peut cependant combattre le ravage:

- **arracher le plant virosé** afin de limiter le stock de virus présents dans la parcelle;
- **combattre les pucerons** vecteurs du virus au moyen de **pulvérisations**;
- pratiquer des **méthodes de culture** limitant dans l'espace la propagation des pucerons;
- favoriser les **auxiliaires de culture** qui consomment les pucerons.

Ici aussi, c'est un ensemble de mesures et de pratiques qui permettent de limiter efficacement l'incidence du ravage occasionné par la rosette.

Lutte intégrée

On parle de **LUTTE INTÉGRÉE** lorsque la lutte se développe dans plusieurs directions complémentaires, comme nous venons de l'indiquer. Cette notion peut être éclairée à partir d'une approche assez familière dans le **domaine de la santé humaine**. Si, par exemple, on veut combattre le fléau de la **malaria** (paludisme), on va combiner un ensemble de mesures:

- **limiter la prolifération** des moustiques dans les flaques et les lieux humides, en asséchant ceux-ci;
- **éliminer les moustiques** par des pulvérisations insecticides;
- **empêcher les moustiques de piquer**, par exemple au moyen de moustiquaires;
- **soigner les malades** au moyen de médicaments agissant à l'intérieur du corps.

On attaque donc aussi bien le micro-organisme pathogène lui-même que son vecteur.

Dans la lutte intégrée contre les parasites, on procède par des voies externes ou internes. La **VOIE EXTERNE** consiste à attaquer le parasite ou un vecteur de parasite à l'extérieur du corps de la plante

(ou de l'homme), par exemple en la badigeonnant au moyen d'un pesticide naturel ou artificiel, ou par pulvérisation. La **VOIE INTERNE** consiste à faire pénétrer un produit dans le corps. Cette voie est aisée chez l'homme ou les animaux qui reçoivent des médicaments par la bouche, par l'anus, ou par piqûre. Elle est différente chez les plantes. Elles ne peuvent absorber de substances qu'à travers leurs racines ou leurs stomates. Cette voie est efficace lorsqu'il s'agit de soigner des maladies de la malnutrition au moyen de minéraux. Il existe des substances dites **SYSTÉMIQUES** qui, absorbées par les racines, sont incluses dans les sèves. Certaines soignent les plantes, d'autres les tuent (pesticides systémiques).

Diagnostiquer avant de lutter

La première chose à faire, avant d'entreprendre quelle que lutte que ce soit, est de **diagnostiquer** correctement les caractéristiques et les causes du ou des ravages, selon le principe qui est de bien connaître son ennemi afin de le combattre efficacement. Retournons donc au tableau **913** du chapitre 38 pour la réalisation d'un diagnostic.

Dès qu'on connaît précisément les causes du ravage, et ses vecteurs éventuels, on peut imaginer diverses actions plus ou moins radicales:

- ▲ l'**arrachage** des plants malades,
- ▲ le **brûlage**,
- ▲ la **pulvérisation** de pesticides,
- ▲ des **pratiques agricoles** antiparasitaires,
- ▲ des **mesures fertilitaires**,
- ▲ l'encouragement d'**auxiliaires de culture**,
- ▲ des **sélections variétales**.

Ou d'autres mesures.

Lorsque le diagnostic est fait, on va pouvoir définir la meilleure façon de s'y prendre pour organiser les divers aspects de la lutte (**1030**).

1030 Quelle lutte entreprendre?

La **lutte intégrée** s'organise autour de **plusieurs axes**:

- ➪ **diagnostiquer** le ou les types de ravages en vue de disposer des bonnes informations et de se poser les questions adéquates. En d'autres termes: connaître le ou les ennemis, la ou les causes exactes des dégâts, l'incidence de ces dégâts sur la culture;
- ➪ **prendre des mesures générales** à caractère préventif, **tout au long de la saison culturale, et d'une saison à l'autre**;
- ➪ envisager **plusieurs types de luttes**, en fonction de l'**efficacité** de chacune d'elle, **à chacun des stades du ravage**;
- ➪ étudier l'**économie** de chaque type de lutte;
- ➪ apprécier les **risques écologiques et sanitaires** des luttes envisagées;
- ➪ expérimenter plusieurs solutions en fonction de leurs **effets immédiats et à long terme**.

1029



Le mildiou de la tomate: une maladie facilement transmissible par contact.

Luttes préventives

Des mesures techniques

Éviter les gestes qui propagent les germes de parasites

Désirant surveiller ses planches de cultures, une cultivatrice les passe en revue. Elle vérifie ses pieds de concombres, d'oseille, de gombos, de haricots, etc. Voici un plant de tomate malade du mildiou (**1029**). La jardinière arrache les feuilles flétries et les fruits attaqués. Puis elle continue l'examen de ses plantes. Ailleurs, elle cueille des gousses de haricots atteintes de pourriture humide *(Pseudomonas syringae)* (**1015**), et elle poursuit son chemin entre les lignes de culture, sans prendre garde. Ce faisant, elle transporte elle-même les champignons et les bactéries d'un plant à l'autre. Si elle en était bien consciente, elle chercherait peut-être à procéder autrement:

- ✔ d'abord, **elle récolterait les parties malades** dans un panier, afin de les amener hors de sa parcelle. De cette façon, elle diminuerait les stocks de germes pathogènes se trouvant à proximité des plants sains;
- ✔ ensuite, **elle éviterait de toucher les plants sains** après avoir palpé des pieds malades;
- ✔ enfin, pour vérifier les plants sains, **elle referait le tour de ses planches après s'être rincé les mains**.

Ces mesures n'évitent évidemment pas la transmission naturelle des parasites. Elles empêchent simplement que la cultivatrice elle-même ne favorise leur propagation par contact.

Il ne faut pas sous-estimer la **propagation par les pieds**. Lorsqu'on se déplace dans les champs, on évitera de marcher sur des déchets infestés.

Utiliser des outils propres

Ce manguier vient d'être greffé (**1031**). Il a fallu mettre en contact les tissus vivants du greffon et du porte-greffe, afin qu'ils s'unissent. Si le greffeur ne fait pas très attention à la propreté de sa lame à chacune des phases de l'opération, il risque de répandre des germes microbiens sur les tissus frais et de compromettre la réussite de sa greffe.



Avant de greffer, désinfecter à fond les outils et se laver les mains.

Toutes les lames et les outils utilisés pour tailler, couper, greffer les plantes et les arbres, ainsi que leurs emballages, doivent être propres et ne pas avoir traîné sur le sol ou dans des lieux où il y a des germes de maladies. Lorsqu'ils ont été utilisés dans des cultures parasitées, il est bon de les laver à l'eau saine.

Éviter les blessures inutiles

Les arbres des photos **165** et **166** ont été blessés inutilement. Leur écorce a été tailladée jusqu'à atteindre le bois. Dans les blessures, s'installent des microbes. Certains ne mettent pas la vie de l'arbre en danger, mais d'autres provoquent une infection partielle ou générale du pied. L'exploitation de l'écorce doit donc se faire proprement. Il en va de même pour les plantes herbacées ou les buissons. On évite de les blesser en arrachant des rameaux, on coupe ceux-ci franchement, avec un couteau, plutôt que de les écraser avec les doigts.

Éviter que l'eau ne gicle sur le sol

Lorsqu'il pleut ou lors d'arrosages, les gouttes qui tombent rebondissent sur le sol en fines gouttelettes, sous l'effet du splash. Au moment du choc, ces gouttelettes se chargent d'argile et de microbes qui, en retombant, se déposent sur les feuilles et les fruits.

L'orsqu'on dispose du mulch ou de la paille au pied des plants ou sous les fruits, on limite les effets du splash. Les gouttes de pluie tombent sur les matières végétales, puis elles s'écoulent dans le sol sans y rebondir. Les projections de terre sont donc moindres que si le sol n'est pas couvert. Ces mesures ne sont pas totalement efficaces mais elles contribuent à diminuer l'importance des attaques de micro-organismes pathogènes se trouvant dans le sol.

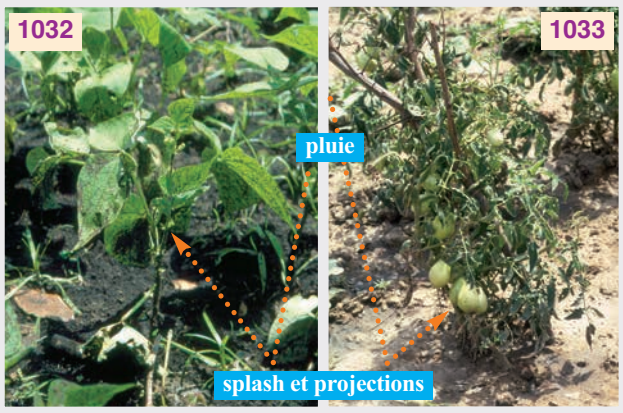
Pour les plantes qui le supportent, comme la tomate, le tuteurage est efficace puisqu'il met la majeure partie des pieds hors de portée des projections de terre dues au splash (**1033**). Le mieux est de combiner les deux pratiques: tuteurer les plants et disposer de la paille à leur pied.

Le giclement de l'eau peut aussi avoir lieu d'un plant à l'autre. Un goutte tombant sur une feuille malade couverte de germes peut s'éclater en gouttelettes qui rebondissent vers les feuilles d'autres plantes après s'être chargées de ces germes. Si ce risque existe, il est utile d'écarter les plants d'une même espèce et de les associer à d'autres qui ne sont pas attaqués par les mêmes microbes.

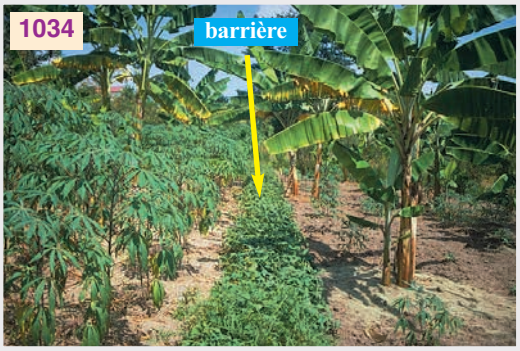
Barrières contre le ruissellement de l'eau infectée

L'eau qui ruisselle entraîne toutes sortes de matières et de germes pathogènes, surtout lorsque des précautions pour réduire les stocks de ces germes n'ont pas été prises. Les pratiques qui permettent de limiter le ruissellement dans les jardins et entre les plants sont utiles comme luttes préventives contre les parasites, surtout les pratiques antiérosives qui forcent l'eau à s'infiltrer dans le sol: labours en fosses, fossettes, billons cloisonnés, labours en lignes de niveau, lignes d'herbes. Ces techniques sont décrites au chapitre 19.

Voici un champ multiétagé organisé de façon à lutter contre le ruissellement de l'eau sur des longues distances (**1034**). Entre les parcelles cultivées à plat, on a installé une longue butte de patates douces. Elle empêche l'eau qui ruisselle de poursuivre son chemin.



Empêcher que des particules de terre et des micro-organismes pathogènes ne soient projetés sur les plantes.



Alterner les cultures à plat et sur billons pour limiter les déplacements de l'eau.

Barrières contre la progression des insectes et des micro-organismes

Il est intéressant de créer des barrières empêchant les ravageurs de se déplacer, ou du moins les gênant dans leurs déplacements.

Les barrières végétales ne sont pas absolues, mais elles peuvent diminuer l'incidence des attaques. On peut les constituer avec des plantes **répulsives** pour les insectes vecteurs. En général, ce sont des plantes qui ont une forte odeur, comme l'hyptis, la tomate, la carotte, le lantana, le tabac, la menthe, la tagète, etc.

L'**alternance des lignes** de plantes dont la morphologie et la densité sont différentes est utile, si du moins ces plantes ne sont pas attaquées par les mêmes parasites. L'association de maïs et de patates douces fournit un exemple de telles barrières physiques (**1035**). Mais les associations culturales et les dispositifs possibles sont multiples.



Lignes alternées de maïs et de patates douces.

La figure **1037** illustre l'exemple d'un coléoptère qui, en Tanzanie, pique les fleurs du niébé. L'alternance des lignes de maïs et de niébé rend difficile la propagation de l'insecte.

Le dispositif de semis n'est pas sans importance. La figure **1039** montre comment l'association du niébé au maïs permet de diminuer les attaques de pyrales sur le maïs. La chenille de ce papillon creuse les tiges et provoque leur brisure.

En associant le maïs avec le niébé selon l'un ou l'autre dispositif, on arrive à diminuer de moitié les attaques du papillon, sans toutefois l'éliminer.



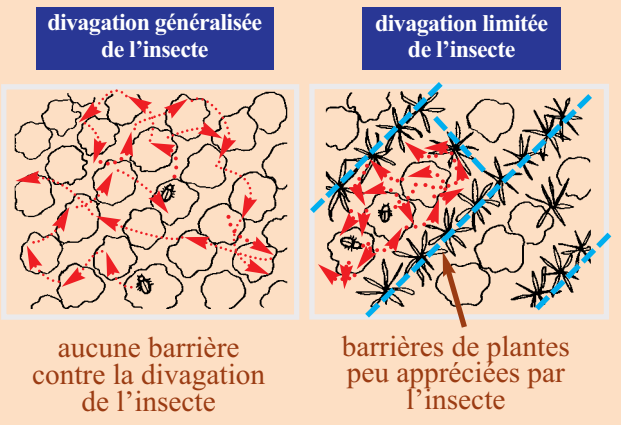
Sur la photo **1036**, on voit l'alternance de billons élevés occupés par le haricot, et de sillons profonds, cloisonnés, occupés par la patate douce. Sur le plan sanitaire, cette méthode de culture comporte les avantages suivants:

- ❒ un effet de **barrière** tel que décrit pour les insectes rampants ou marchants;
- ❒ le **piégeage** de l'eau de pluie qui évite que le ruissellement ne transporte des germes sur de grandes distances.

Dans les parties qui précèdent, nous avons rencontré d'autres exemples répondant aux critères que nous venons de décrire qui sont d'**éviter une trop grande promiscuité** entre les plantes attaquées par les mêmes ravageurs, tant au niveau des **feuillages** que des racines, et de **créer des barrières** pour limiter les déplacements des ravageurs ou de leurs vecteurs. Dès lors que de tels efforts sont réalisés, il devient utile et souvent nécessaire d'envisager les luttes curatives dont nous parlons plus loin.

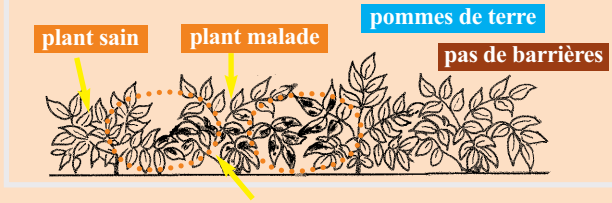
A une autre échelle, les haies et les brise-vent limitent également la propagation d'insectes et de matériaux du sol infectés par des germes pathologiques. Pensons par exemple aux vols de sautériaux qui sont emportés au gré des vents, ou aussi aux matériaux poussés en avant lors de l'érosion éolienne. Ils peuvent contenir de nombreux parasites.

1037 ***Barrières végétales limitant la divagation des insectes parasites***



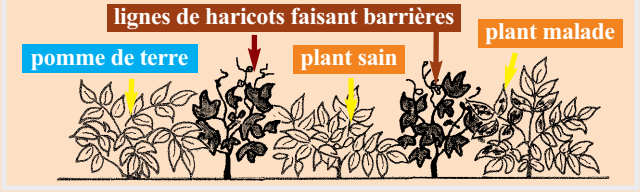
1038 *Barrières végétales limitant la dissémination des micro-organismes parasites*

en lignes de culture pure



Contact direct entre les feuilles des plants malades et des plants sains de pomme de terre. Pas de barrières contre la propagtion du ravageur

en lignes alternées d'espèces différentes



Le haricot ne souffre pas des mêmes maladies que la pomme de terre. Ses lignes servent de barrières entre les plants malades et les plants sains de la pomme de terre.

Éviter certaines associations végétales

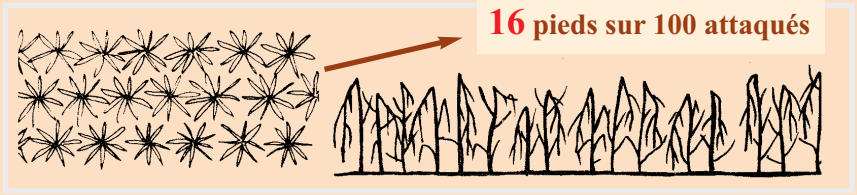
Les espèces d'une même famille souffrent parfois des mêmes maladies microbiennes et des mêmes attaques. Il n'est donc pas bon de les associer. C'est le cas par exemple de la pomme de terre, de la tomate et des diverses espèces d'aubergines, qui font toutes partie de la famille des solanées. C'est le cas aussi du coton, du gombo et de l'oseille qui font partie des malvacées, et de la courge, du melon, de la pastèque, du concombre,... qui font partie de la famille des cucurbitacées.

Mieux vaut rechercher des **associations et des successions d'espèces appartenant à des familles très différentes**.

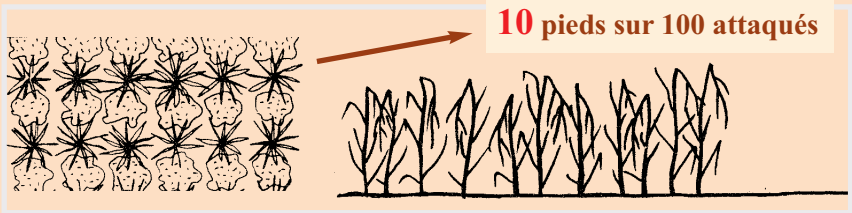
1039 *Dispositif de culture et incidence d'attaques de pyrales du maïs*



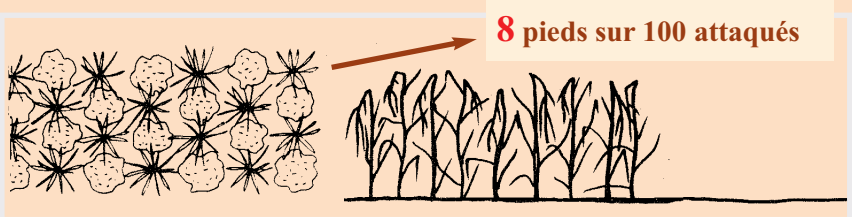
A maïs en culture pure



B association maïs-niébé en lignes alternées



C association maïs-niébé en lignes croisées



Réduire les stocks de germes ou de vecteurs

Pratiques courantes

Une mesure d'hygiène essentielle est de **détruire les stocks de matières végétales pouvant contenir des germes** ou des vecteurs de maladies:

- ⇨ **on récolte les pieds malades ou couverts d'insectes** au niveau des rameaux, des jets, des tubercules ou des fruits, et **on les brûle**. Seul le feu (ou la cuisson) est capable de détruire complètement ces germes et ces vecteurs. Si ce sont les racines qui sont malades, on les extirpe du sol sans y laisser aucun des morceaux malades. C'est la **RÉCOLTE SANITAIRE**;
- ⇨ **on ne laisse pas tomber à terre** les plantes ou les parties de plantes malades, afin de ne pas les propager en marchant dans les lignes de culture;
- ⇨ les déchets malades ne sont **pas jetés dans les compostiè-**

res. Si on fait cela, on est assuré de propager les ravageurs au moment de l'épandage du compost;

- ⇨ on peut tenter de **perturber**, par des labours ou des buttages, **le bon déroulement du cycle de vie de ravageurs** qui réalisent tout ou une partie de leur cycle de vie dans le sol. C'est plus efficace lorsque le ravageur est d'assez grande dimension, comme par exemple le vers gris (**979**) ou le iule (**972**);
- ⇨ **certains ravageurs se réfugient temporairement sur des plantes-hôtes** du voisinage des cultures, avant de réattaquer celles-ci lorsqu'elles sont replantées au cours des saisons suivantes. On surveille donc l'environnement du jardin ou des champs afin d'**éliminer les refuges** de ravageurs.

La rotation des cultures

La rotation des cultures est une mesure d'hygiène importante. D'une saison à l'autre, **on évite la succession d'une même espèce ou d'espèces de la même famille** sur les mêmes planches ou les mêmes champs. Si, par exemple, on sème le gombo sur une même parcelle, année après année, les **germes spécifiques** à cette espèce ont tendance à se maintenir dans le sol et leur présence s'accroît. Mais si on pratique la rotation culturale, le nombre de ces germes a tendance à diminuer parce qu'ils ne trouvent plus à se nourrir dans leur plante de prédilection ou qu'ils sont repoussés par d'autres espèces de plantes.

La rotation d'espèces semées en culture pure peut être efficacement remplacée par une **succession d'associations végétales dont les caractéristiques diffèrent**. Par exemple, à l'association de l'oignon et de la carotte sur une planche succèdera une association de laitue et d'amarante. Puis, on sèmera l'aubergine et le maïs, le chou et les cornichons, la tomate et le souchet, etc. A différentes phases de la rotation, on associe des espèces reconnues pour leur caractère répulsif: tabac, carotte, tagète, etc.

Dans les successions, on évite que des plantes d'espèces différentes, mais touchées par les mêmes pathologies, ne soient semées au cours de saisons qui se suivent directement.

La rotation des cultures n'est pas très efficace pour des parasites généralistes qui consomment tout ce qu'ils trouvent sur leur chemin.

La jachère

La pratique de la jachère est aussi favorable à l'hygiène des cultures. Cela s'explique de plusieurs façons.

Les germes pathogènes et les insectes parasites sont souvent très spécialisés. Si un germe microbien ou un insecte ne trouve pas la plante-hôte constituant son milieu de vie habituel, sa présence diminue faute d'aliments et il se peut qu'il disparaisse au bout de quelques années. Il a en effet moins de chance de trouver sa plante-hôte dans la jachère que dans les planches cultivées.

Certains germes ont cependant la capacité de résister dans la terre durant de très nombreuses saisons ou années. Pour ces germes et pour ceux qui s'attaquent à plusieurs espèces cultivées, la pratique d'une jachère de longue durée est parfois le seul moyen de lutte.

Compostage à chaud

En général, les composts que l'on fait dans les jardins ne s'échauffent pas car les matières à pourrir n'y sont jetées que par petites quantités successives. Les tas de **compost** peuvent donc être des **sources d'infection** lorsqu'ils sont réalisés avec des matières végétales provenant de plants parasités ou infectés.

1040 Destruction des nématodes ou d'autres germes dans le compost

Le compost, fabriqué avec des matières végétales ou animales, peut contenir des germes de maladies, des insectes ou des nématodes. Dans les pépinières, pour supprimer tout risque d'infection à partir du compost, on peut le cuire à la vapeur ou sur une tôle.

La stérilisation à la vapeur dans un stérilisateur est un moyen sûr pour éliminer tous les germes vivants. Mais cela élimine également les bactéries et les autres êtres vivants utiles.

Une simple touque munie d'un couvercle peut constituer le stérilisateur. On le remplit de compost déjà entièrement formé. On ajoute un peu d'eau et on chauffe. La vapeur échauffe les matières. La stérilisation par la vapeur doit durer au moins 30 minutes.



Un moyen de savoir si la stérilisation est achevée au cœur de la masse est de placer une patate emballée dans une feuille au centre du mélange. Lorsqu'elle est cuite, on sait que la chaleur a pénétré toute la masse.

Les nématodes, par exemple, se maintiennent dans les composts non chauffés. Lorsqu'on amène ces composts vers les champs ou les planches de culture, on les dissémine. Si des plantes sont envahies par des nématodes, on évitera de jeter leurs déchets racinaires sur la compostière. Les racines atteintes seront fortement chauffées au soleil avant d'être placées dans la compostière, ou alors elles seront brûlées et leurs cendres pourront être répandues sur le compost.

La méthode de **compostage à chaud** est plus sûre que le compostage à froid, puisque la chaleur tue un bon nombre de germes, de micro-organismes, d'insectes et de vers. Mais, pour que le compost chauffe, il faut disposer de suffisamment de matières putrescibles qui peuvent fermenter: en tas réguliers ou en fosses, et en volumes assez importants, bien humidifiés.

Lors de l'établissement des germoirs et des pépinières, il est utile de stériliser la terre afin d'éviter la présence de parasites indésirables. On peut la stériliser à sec en l'échauffant sur une tôle, ou à la vapeur comme indiqué au tableau **1040**.

Veiller à la propreté et à la santé des semences

La santé et la **propreté des semences** sont particulièrement importantes pour l'hygiène des cultures. Les graines, les boutures, les tubercules, les rejets, peuvent porter en eux ou à leur surface des germes de microbes ou de parasites.

❒ Voici des tubercules de pomme de terre atteints de mildiou (**1041**). Leur transplantation en champ entraînera automatiquement la propagation des germes de la maladie sur l'ensemble du plant et dans le champ. Si, au cours d'un stockage, des tubercules malades sont en contact avec d'autres tubercules sains, ceux-ci se couvriront de germes qui ne manqueront pas d'attaquer le jeune plant dès qu'il se mettra à pousser. Pour lutter contre ce type de propagation, il est indispensable de **contrôler les tubercules un à un avant de les déposer en stock** ou de les semer en champ. Le stockage à même le sol n'est pas conseillé. Mieux vaut stocker les semences sur des tables à claies ou grillagées, sous un hangar, et, si possible, sans que les tubercules ne soient en contact.


1041

Ces tubercules de pomme de terre malades ne peuvent donner de bonnes semences.

Si on craint que des germes ne se trouvent en surface des bulbes ou des tubercules, on peut les laver avec de l'eau parfaitement saine additionnée de savon ou d'un désinfectant.

❒ Même lorsqu'elle paraît saine, une graine peut être couverte de germes infectieux. Dès qu'elle se trouvera dans la terre humide, ces germes se développeront. Avant de semer, il est utile de **mélanger les graines avec un produit fongicide** afin d'éviter que des champignons se trouvant dans le sol ne s'attaquent très directement aux graines ou aux jeunes plantules naissantes. Elles peuvent aussi être enrobées avec une poudre insecticide si les risques d'attaques lors de la germination des plants proviennent d'insectes.

❒ Certaines semences contiennent des **germes infectieux à l'intérieur** de leur corps: des virus, des champignons microscopiques, des bactéries. Elles peuvent aussi contenir des œufs ou des larves de parasites. Il faut donc éliminer ces graines. Par exemple, les graines de soja que nous avions vues sur la photo **1018** doivent absolument être éliminées.

❒ Voici des graines de haricots qui contiennent des œufs de bruches sans que cela n'apparaisse au premier coup d'œil (**1042**). Il faut **trier soigneusement** ces graines avant de les stocker et de les semer. Les germes et les cotylédons des graines piquées sont peut-être détruits par les bruches, ce qui les empêchera de germer correctement. Dans un premier temps, on jette le lot dans l'eau et on élimine les graines légères qui flottent à sa surface. Ensuite, les graines restantes sont sorties de l'eau et on procède à un tri visuel avant de les sécher.

Pour empêcher la propagation de maladies à partir de germes contenus dans les semences, on évite à tout prix de prélever les graines et les boutures sur des plants malades. On évite par exemple de prélever des boutures sur des plants de manioc atteints par la mosaïque, ou de resemer des graines d'arachide prélevées sur des pieds atteints de rosette.



Trier soigneusement les graines avant de les stocker et de les semer. Les germes et les cotylédons des graines piquées de haricot sont peut-être abîmés par les bruches. Cela les empêche de germer correctement.



Avant de planter les souches de bananier, les chauffer jusqu'à 55 degrés centigrades, afin de tuer les charançons (Cosmopolites sordidus).

Certaines semences ou boutures peuvent être traitées à la chaleur, en vue d'éliminer des germes ou des insectes qui s'y trouveraient en surface ou même à l'intérieur. Nombreuses sont les graines ou les boutures qui supportent sans dégâts une température s'élevant à 50 ou 55 degrés centigrades durant quelques minutes. La plupart des micro-organismes pathogènes et des insectes sont tués à cette température.

Deux pratiques sont envisageables:

- **exposition au soleil** des graines, des semences végétatives, des rejets, pour que leur température atteigne 55° durant une vingtaine de minutes. Les rejets et boutures sont replacés ensuite dans une ambiance humide durant quelques heures. Des essais doivent être faits pour chaque type de semences;
- **échauffement dans l'eau**. Par exemple, on place dans un bain d'eau chaude les rejets de souche de bananier, afin de tuer les charançons qui s'y trouvent logés (**1043**). La température du bain peut monter à 55 degrés. C'est la température à laquelle fond la parafine des bougies. Si on ne dispose pas d'un thermomètre, on peut placer une plaque de parafine à la surface de l'eau et arrêter de chauffer quand la plaque est fondue.

L'hygiène n'est pas tout

A partir des règles d'hygiène, on peut limiter les attaques de microbes ou de parasites, mais on ne les supprime pas. La seconde partie du chapitre va parler des différentes façons de lutter contre les microbes et les parasites qui sont déjà actifs sur les plantes, qu'il s'agisse de larves, de vers, d'insectes, de bactéries ou de champignons microscopiques.

Luttes curatives et traitements phytosanitaires

Les luttes phytosanitaires curatives comportent un ensemble étonnant de méthodes, de pratiques et de moyens. Nous allons les passer en revue en insistant sur les techniques qui peuvent être mises en œuvre **dans le cadre des exploitations familiales** et de l'économie des terroirs. Essayons de faire le point, ravage par ravage.

Les armes qui permettent de lutter contre les bactéries, les nématodes, les insectes, les champignons, etc. sont très différentes. Rien ne sert d'attaquer un insecte avec un bactéricide, ou des pucerons avec un fongicide (**1044**).

Quand on parle de pesticides, il faut aussi connaître leur mode d'action. Prenons le cas des insecticides. Les **INSECTICIDES DE CONTACT** sont ceux qui agissent lorsqu'ils sont appliqués sur la peau de l'insecte. Ils pénètrent dans son corps en la traversant. Les **INSECTICIDES D'INGESTION** sont ceux qui doivent être mangés par l'insecte. Ils sont appliqués sur les plantes et ils sont ingérés au moment où l'insecte en ronge les organes. Il y a ceux qui sont appliqués simplement par pulvérisation ou badigeonnage, et ceux qui sont disposés dans des pièges alimentaires. Parmi ces produits, on trouve des **INSECTICIDES SYSTÉMIQUES**. Ils sont captés par les feuilles ou les racines, et ils se mélangent à la sève. Ils tuent les insectes quand ils piquent ou broutent. Ce faisant, ils consomment la sève empoisonnée.

Si nous connaissons ces modes d'action, nous comprenons que cela n'a pas de sens d'appliquer un insecticide de contact pour lutter contre des larves profondément abritées dans des galeries. La substance ne les atteint pas. Un insecticide d'ingestion ne sera pas efficace si l'ennemi est un papillon, puisque celui-ci se nourrit au fond de fleurs fraîchement écloses, plutôt que sur les feuilles couvertes par l'insecticide d'ingestion. Pour cet ennemi, un insecticide de contact sera plus efficace. Ses chenilles, par contre, pourront être combattues autant par l'une que par l'autre substance, dès qu'elles se trouvent à l'air libre.

1044 Types de produits phytosanitaires

Il existe une infinité de produits naturels ou artificiels permettant de combattre les ravageurs des cultures. D'une façon générale, on parle de **pesticides** (ils tuent les pestes). On en distingue plusieurs catégories:

- ❒ les **insecticides** attaquent les insectes. Certains sont généralistes et attaquent toute une gamme d'insectes, d'autres, très spécifiques, touchent exclusivement certaines espèces. Ils agissent par contact ou par ingestion;
- ❒ les **acaricides** sont efficaces contre les acariens;
- ❒ les **fongicides** attaquent les champignons et les levures. Ils sont plus ou moins spécialisés en fonction des résistances de ces organismes;
- ❒ les **bactéricides** visent les bactéries;
- ❒ les **rodenticides** ou **raticides** tuent les rats, les souris et d'autres rongeurs;
- ❒ les **limacides** agissent sur les limaces;
- ❒ les **nématicides**, sur les nématodes;
- ❒ les **herbicides** combattent les mauvaises herbes;

La terminaison **-cide** indique que le produit tue, alors que **-fuge** indique plutôt une substance répulsive qui fait fuir (comme dans "insectifuge").

Les substances ont leurs **spécificités**. Il est donc inefficace de les confondre lors de leur utilisation. Cette spécificité n'empêche cependant pas que des **effets collatéraux** puissent exister: empoisonnement des souris par un fongicide, empoisonnement des oiseaux qui consomment des limaces tuées par un limacide, etc.

Certains produits agissent parfois sur deux ou trois types de pestes.

Nous allons passer en revue quelques pistes des luttes curatives. Il y en a d'autres auxquelles chacun se familiarisera au contact des stations agricoles, des firmes distribuant semences, engrais et pesticides, des chercheurs et des techniciens chevronnés, ainsi qu'en parlant avec d'autres cultivateurs. Des réunions de recherche-action en milieu agricole permettent aussi d'envisager des actions et de les expérimenter.

Rappelons-nous certains **points importants**.

- ✔ La santé des plantes est liée à un **ensemble de conditions d'environnement et de pratiques agricoles** combinant leurs effets. Pratiquer des luttes curatives dans des environnements malpropres n'est évidemment pas efficace.
- ✔ Les luttes sanitaires se construisent **de saison en saison**, de jour en jour, chaque fois que le cultivateur ou la cultivatrice se présente dans son champ ou son jardin.
- ✔ Certaines luttes doivent se pratiquer **durant la nuit**. En effet, certains insectes ne sortent de leurs cachettes que la nuit. C'est à ce moment seulement que des insecticides de contact pourront les toucher si on les pulvérise.
- ✔ Certaines actions se déroulent à **court terme**, au moment précis où se manifeste une attaque. D'autres doivent se pratiquer à **long terme**, lorsqu'on veut éradiquer définitivement certains ravageurs. Agir contre le striga ou les cuscutes, par exemple, suppose qu'on suive régulièrement la lutte, année après année, jusqu'à ce qu'on ait épuisé le formidable potentiel de graines de ces plantes.
- ✔ Les pratiques de luttes phytosanitaires suggérées ci-dessous vont des plus douces aux plus radicales. Les pistes **les plus radicales** sont celles qui visent l'extermination totale des ravageurs au moyen de pesticides généraux ne faisant aucune distinction entre les organismes néfastes pour les cultures et les organismes qui leur sont utiles. Les pratiques **les plus douces** sont celles qui évitent autant que possible les destructions écologiques, en considérant que la nature doit conserver ses droits. Elles tentent de maintenir les dégâts aux cultures dans des limites acceptables, sans faire usage d'armes de destruction massive de la faune et de la flore. Les luttes biologiques dont nous parlerons plus loin sont dans cette catégorie.

C'est au cultivateur de choisir les méthodes qu'il met en œuvre, au mieux de ses possibilités, de ses moyens, de ses intérêts et du respect de l'environnement et de la santé humaine et animale.

Lutter contre les maladies virales

Il y a **quatre mesures principales** pour lutter contre les maladies virales:

- ▲ éviter de prélever les **semences** sur des plants malades,
- ▲ choisir les semences sur des **variétés** résistantes ou tolérantes au virus à combattre,
- ▲ connaître et lutter contre les insectes **vecteurs** par des traitements insecticides adéquats, appliqués aux bons moments;
- ▲ mettre en œuvre des **pratiques agricoles** limitant la circulation des insectes vecteurs des virus.

D'autres mesures sont **complémentaires**:

- ◆ **éliminer les plants malades** afin d'éviter qu'ils ne servent de réservoir de virus lorsque les insectes vecteurs les sucent,
- ◆ éviter les transmissions de virus d'une plante à l'autre par les **outils** tels que sécateurs, couteaux, machettes, etc.,
- ◆ traiter les semences à la **chaleur**.

Des substances telles que les **purins** animaux ou végétaux, l'urine, des décoctions de piment ou d'ail, en arrosage ou en pulvérisation, sont à tenter pour lutter contre des virus et leurs vecteurs. L'action de ces substances peut être double:

- ☛ elles **renforcent** la vigueur des plants et leur **capacité de résistance** aux virus. Si la virose se limite à une partie de la plante, la vigueur des autres parties peut éventuellement amener à limiter les dégâts;
- ☛ par ailleurs, ces produits **agressent directement les insectes** vecteurs.

Lutter contre les maladies bactériennes

Les mesures essentielles pour combattre les maladies bactériennes sont les suivantes:

- ▲ dès qu'ils apparaissent, **éliminer les foyers d'infection** visibles en procédant à la **taille sanitaire** ou à l'**arrachage** des plantes malades entières, des fruits atteints, des semences, des bulbes, des résidus de récolte, etc., et en les détruisant par le feu;
- ▲ **ne prélever aucune semence sur des pieds infectés**, ni même à leur voisinage;
- ▲ **désinfecter les semences** en les lavant avec du savon, en les plongeant dans un désinfectant, ou en les traitant à l'eau très chaude durant quelques instants (sans risquer d'échauffer l'intérieur des graines);
- ▲ **éviter de transporter les germes**, sur les outils ou sur les pieds, d'une partie du champ à l'autre ou d'un champ à l'autre. Les bactéries pathogènes se trouvant dans le sol sont très facilement emportées sur les pieds, surtout lorsque le sol est boueux;
- ▲ cultiver des **variétés résistantes**;
- ▲ pratiquer la **rotation** des cultures afin de réduire le stock de bactéries pathogènes présentes dans le sol. Les espèces se succédant dans les rotations ne doivent pas être sensibles aux mêmes bactéries;
- ▲ **éviter de blesser** les tiges et les racines. En cas de blessure, on peut appliquer un goudron végétal en guise de pa nsement;
- ▲ renforcer la résistance des plantes par une **bonne alimentation** organique (compost, purin, fumier animal,...);
- ▲ s'il y a des risques de contamination bactérienne par le sol, on peut **stériliser** la terre des germoirs et des pépinières.

Peu de substances sont disponibles pour la lutte contre les bactéries ravageant les plantes cultivées. L'urine, les fumiers animaux et les purins végétaux, le jus de compost, les cendres, des décoctions de piment rouge ou d'ail, s'avèrent éventuellement efficaces puisqu'elles réduisent le nombre d'insectes vecteurs et qu'elles renforcent la vigueur des plantes. Mais la lutte contre les bactéries repose principalement sur les **pratiques culturales préventives**.

Lutter contre les maladies causées par les champignons

Les **mesures générales** pour lutter contre les maladies fongiques sont comparables à celles qu'on a relevées ci-dessus pour lutter contre les bactéries:

- ▲ **éliminer les foyers d'infection** par la taille sanitaire ou l'arrachage des plantes malades entières, des fruits, des semences, des bulbes, des résidus de récolte, etc., et les détruire par le **feu**;
- ▲ utiliser du **matériel de multiplication sain** et **désinfecter les semences**;
- ▲ éviter de laisser traîner les semences sur un sol malpropre, veiller à la **propreté** des lieux de stockage des semences;
- ▲ **éviter de transporter** les germes, sur les outils ou sur les pieds, d'une partie du champ à l'autre ou d'un champ à l'autre;
- ▲ **lutter contre le ruissellement** en nappe des eaux de pluie, qui entraîne avec lui les semences des champignons;
- ▲ cultiver des **variétés résistantes**, qu'il s'agisse des graines, bulbes, boutures,... ou de matériel de gref-

fage. Lors du greffage, c'est la résistance du porte-greffe qui est la plus importante;

- ▲ **associer judicieusement des cultures** réagissant différemment aux attaques, afin de créer des barrières végétales qui rendent plus difficile la propagation du champignon par voie aérienne, terrestre ou souterraine;
- ▲ pratiquer la **rotation** des cultures afin de réduire, au cours des années successives, le stock de champignons pathogènes présent dans le sol. **Éviter les successions d'espèces sensibles aux mêmes champignons**, une année après l'autre;
- ▲ pour les arbres atteints par des maladies de racines, créer des **fosses sanitaires** autour des pieds malades afin d'éviter l'extension des champignons vers d'autres pieds, lorsque les racines viennent à se toucher;
- ▲ **éviter les blessures inutiles** aux troncs, aux tiges et aux racines. Lorsqu'on récolte, couper proprement les jets, plutôt que de les arracher. Appliquer un goudron végétal sur les coupes;
- ▲ renforcer la résistance des plantes par une **bonne alimentation organique**.

Il y a des **mesures spécifiques** à la lutte contre les champignons:

- ● agir sur le **microclimat** ou sur le sol. Éviter une trop grande humidité du milieu cultural, dans les pépinières. Assurer un drainage correct des pépinières;
- ● en pépinière, **stériliser le sol** par la chaleur ou la vapeur, avant de procéder au semis;
- ● bien **laver les semences** possiblement infectées, avec de l'eau savonneuse ou désinfectante;
- ● utiliser des fongicides naturels ou artificiels, en **enrobage** des semences, en **mélange dans le sol**, en **arrosage**, en **pulvérisation**, par **poudrage**, etc. Bien vérifier le mode d'action du fongicide: de surface ou systémique;
- ● **stériliser la surface des graines** par trempage dans l'eau chaude à 55° durant une période ne risquant pas de détruire leur pouvoir germinatif;
- ● **solariser** le sol sous toile en plastique transparent, afin de l'échauffer au-dessus de 50°C.

Tous les aspects de la lutte préventive sont importants pour combattre les attaques de champignons.

Notes

Lutter contre les nématodes

Les mesures à prendre contre les nématodes sont les suivantes:

- ◆ **éviter de transporter de la terre** ou du matériel végétal infesté, d'une parcelle à l'autre;
- ◆ **brûler** les plantes infestées;
- ◆ choisir des **variétés résistantes**;
- ◆ pratiquer la **rotation** des cultures et y inclure des **plantes pièges** ou des **plantes toxiques** ou répulsives pour les nématodes, telles que les crotalaires, tagète, manioc, ail, oignon, stylosanthes. La rotation peut aussi se faire avec des espèces fourragères;
- ◆ **mise en jachère** nue ou travaillée;
- ◆ **enfouir** dans le sol des feuilles et des tiges de **plantes nématicides** ou nématifuges, quelques semaines avant les semis de légumes;
- ◆ **traitement du sol à la chaleur** pendant 30 minutes à 50°C, pour la terre de pépinière;
- ◆ **solariser** le sol sous bâche plastique transparente;
- ◆ **traiter les plantes** à repiquer pendant une période allant de quelques minutes à 3 ou 4 heures à une température entre 43 et 53°C, au moment des transplantations. La température doit s'élever à un niveau qui tue les nématodes, mais qui ne dérange pas les racines pour leur croissance ultérieure (expérimentation nécessaire);
- ◆ **inonder** le sol durant plusieurs mois (dans les casiers d'irrigation).

Lutter avec des pesticides mélangés dans le sol est très coûteux. On ne le fait que pour les pépinières ou pour des cultures à forte rentabilité.

1045 Souches résistantes

Lorsqu'un organisme vivant est attaqué, il se défend. On dit qu'il **développe des résistances** contre son agresseur.Les micro-organismes et les insectes qui se reproduisent très rapidement ont la capacité de s'adapter par **MUTATIONS** de gènes. Dans leurs chromosomes, ils transforment certains gènes. Ces **gènes mutants** transmettent aux générations suivantes une capacité de résistance à l'agression des pesticides qui les détruisaient, résistance que n'avaient pas les générations précédentes.

Des **dosages** déficients ou des traitements de pesticides interrompus trop tôt sont souvent à l'origine de mutations géniques et de résistances chez les organismes parasitaires.

Lutter contre les plantes adventices et les plantes parasites

Les **mesures générales** à prendre sont les suivantes:

- ▲ éviter l'introduction de **semences** de mauvaises herbes en même temps que les semences de l'espèce cultivée;
- ▲ éviter le **transport de terres** ou de composts contenant des graines d'adventices;
- ▲ **faucher**, **faire pâturer** ou **arracher** les mauvaises herbes **avant qu'elles ne fructifient**;
- ▲ déraciner les **rhizomes** des adventices en évitant de les couper en morceaux; mieux vaut les extirper avec des outils à dents qu'avec des houes ou des lames;
- ▲ **sarcler** en déterrant complètement les racines et en les laissant sécher sur le sol. Si le sarclage se fait par temps humide, les plantes sont moins vite tuées et reprennent vie plus facilement que si le temps est sec;
- ▲ réaliser un ou deux **sarclages précoces** des adventices, avant de semer l'espèce à cultiver;
- ▲ dans les pépinières: **stériliser** le sol par la chaleur ou la vapeur;
- ▲ pratiquer le **compostage à chaud** plutôt qu'à froid;
- ▲ **chauffer le compost** à la vapeur, s'il contient des semences gênantes;
- ▲ dans les périmètres inondables, provoquer l'émergence des adventices par un premier arrosage, puis les tuer par **noyade** durant quelques jours;
- ▲ semer des **espèces couvrantes** afin d'étouffer les mauvaises herbes;
- ▲ la destruction des jeunes pousses d'adventices peut se faire par le **feu**. Il existe des brûleurs à gaz dont la flamme, passée rapidement sur les toute jeunes plantules, les détruisent.

Les **mesures spécifiques** sont les suivantes:

- ■ **arracher** les plantes parasites dès leur apparition, en extirpant leurs racines ou leur haustorium;
- ■ les **empêcher à tout prix de produire leurs graines**, si les plantes se reproduisent par ce moyen. Faucher avant;
- ■ **couper** les branches sur lesquelles sont installées les plantes parasites;
- ■ pour le striga, semer des **plantes pièges** provoquant la germination des graines avant que les céréales ne soient présentes ou assez développées;
- ■ pratiquer les **rotations** culturales et les **jachères**;
- ■ utiliser des **herbicides.** Cela suppose qu'on établisse un plan de lutte précis. Quelles espèces sont combattues? A quel moment? Avec une substance à action générale ou spécifique? Foliaire ou racinaire? Moyennant quelles précautions?;
- ■ la **fauche** régulière des adventices est un moyen de limiter leur croissance, surtout avant leurs phases de reproduction semencière ou végétative. Elle peut se faire à la main ou avec des débroussailleuses mécaniques.

Lutter contre les insectes ravageurs

Il y a des **mesures préventives**:

- ▲ repérer et détruire les **foyers d'infestation,** si possible au stade des œufs et des larves;
- ▲ procéder à des **récoltes sanitaires** dès le début de la fructification (pour les insectes qui s'attaquent aux fruits, baies, etc.);
- ▲ créer des **barrières chimiques** écartant les insectes: association de plantes répulsives contre les insectes vivant sur le feuillage ou ceux qui attaquent les racines;
- ▲ créer des **barrières mécaniques ou physiques** pour gêner la circulation des insectes ou pour les repousser. Pour des parcelles très petites, on peut utiliser des **toiles moustiquaires**;
- ▲ **décaler le cycle** de culture de la plante par rapport au cycle de vie naturel de l'insecte;
- ▲ **détruire par le feu** tous les **résidus de récoltes** pouvant contenir des œufs ou des larves (récoltes sanitaires);
- ▲ nettoyer par des **feux contrôlés** les places ou les parcelles servant de refuge à des ravageurs précis;
- ▲ favoriser les **auxiliaires** des cultures de façon générale (entretien d'un milieu de vie favorable) ou spécifique (lâcher de prédateurs auxiliaires attaquant spécifiquement une espèce de ravageurs);
- ▲ utiliser des **espèces cultivées résistantes** aux attaques de l'insecte;
- ▲ **enrober** les semences (**1046** et **1047**).

Et des **mesures curatives**:

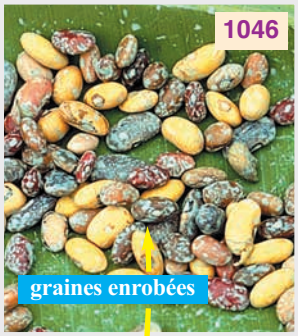
- ● **exposer les larves** logées dans le sol au soleil, en labourant ou en sarclant;
- ● **collecter manuellement** des nids;
- ● **secouer** les plants attaqués par des chenilles, afin de les faire tomber au sol et de les détruire;

- utiliser des **préparations biologiques** (virales, fongiques, etc.) s'attaquant au ravageur, en particulier aux chenilles et aux larves;
- utiliser des **insectifuges** ou des **insecticides naturels**, d'origine végétale ou animale;
- utiliser des **insecticides de synthèse** de façon raisonnée et sans excès;
- **choisir correctement l'insecticide** en fonction des caractéristiques de l'insecte ravageur et de son cycle de vie;
- mettre en place des **appâts empoisonnés**;
- utiliser des **pièges** (glu, pétrole, lumière, couleur, plantes pièges, phéromones (**1048**),...);
- utiliser des **appâts stérilisant les mâles** du ravageur afin de diminuer la reproduction de l'espèce.

Dans tous les cas, on veille à ce que l'utilisation d'insecticides toxiques mal adaptés n'élimine pas les auxiliaires des cultures. On évite que l'application trop régulière de la substance insecticide n'amène l'apparition de **souches résistantes** de l'insecte ravageur.

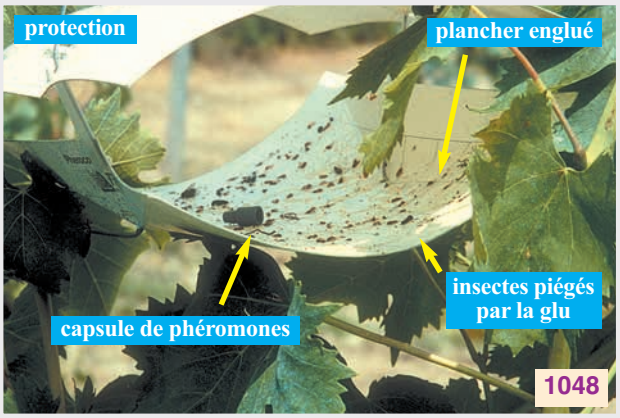
Ci-contre: semences de haricots enrobées avec un insecticide (endosulfan).

En bas, on voit à l'avant des lignes détruites par la mouche du haricot, et à l'arrière, les lignes dont les semences ont été enrobées avec l'insecticide.





Notes



Ce piège à phéromones est constitué d'un plancher couvert de glu, d'un petit toit et d'une capsule contenant les phéromones spécifiques attirant les mâles de l'espèce d'insecte ravageur.

Lutter contre les oiseaux ravageurs des cultures

Des mesures générales et environnementales:

- ▲ **effaroucher** les oiseaux par des dispositifs bruyants agités manuellement, par des tirs de catapultes, des canons à gaz, des fusils à pétards, etc.;
- ▲ **protéger les rapaces** qui se nourrissent des oiseaux ravageurs, en vue de les maintenir dans l'environnement. Préserver leurs nids et même en disposer dans l'environnement;
- ▲ **protéger certaines parties du terroir** afin d'y attirer les oiseaux et de les éloigner des champs. Certaines graminées sont appréciées des oiseaux, plus que le mil ou le sorgho. Si les graines de ces graminées spontanées sont présentes dans l'environnement des champs au moment de la maturation des épis, les oiseaux vont s'y orienter plutôt que d'attaquer les céréales cultivées;
- ▲ pour les oiseaux appréciant les **zones aquatiques**, maintenir des lieux humides dans lesquels ils peuvent trouver refuge plutôt que de se nourrir dans les champs.

Des mesures spécifiques:

- ◆ placer des **épouvantails**, des banderoles réfléchissantes, des bandes de cassettes magnétiques usagées. Si possible, l'épouvantail bouge, fait du bruit et envoie des éclairs lumineux;
- ◆ utiliser des **répulsifs**: poudres végétales, macérations de plantes, excréments ou produits chimiques commerciaux, cadavres d'oiseaux accrochés aux arbres ou sur des piquets, ...;

- protéger les arbres fruitiers au moyen de filets (**1049**);
- utiliser des **variétés** de céréales poilues ou épineuses n'intéressant pas les oiseaux;
- créer des **pièges** mécaniques ou à la glu; piégeage des oiseaux ravageurs dans des **cages** dont l'entrée est aisée et la sortie difficile, à la façon d'une nasse à poissons; de la nourriture est placée dans la cage afin d'y attirer les oiseaux;
- **cueillette** et **destruction des nids** et des œufs;
- **destruction par le feu** des nids et des œufs. Cela se fait la nuit dans les dortoirs collectifs, au moyen de torches enflammées ou de lance-flammes;
- captures aux **filets** ou avec des **épuisettes**, la nuit, dans les dortoirs;
- attribution de petites **primes** aux enfants rapportant des cadavres d'oiseaux ravageurs qui leur sont bien clairement désignés;
- contre les oiseaux vivant en troupes, placer des **appâts empoisonnés**. On commence par habituer les oiseaux à la présence de grains dans un lieu où ils vont se nourrir, avant de leur présenter les mêmes grains préalablement empoisonnés. On choisit des appâts n'intéressant que les oiseaux ravageurs ciblés. On agit avec prudence pour éviter l'empoisonnement d'hommes ou d'animaux, et aussi des espèces d'oiseaux utiles;
- application de **produits avicides** par pulvérisation dans l'air (uniquement par des services spécialisés) ou par épandage sur des parcelles régulièrement envahies par des espèces d'oiseaux grégaires (méthode dangereuse pour la santé de l'homme, des animaux, et pour la biodiversité).



Buisson fruitier protégé contre les oiseaux par un filet

Lutter contre les myriapodes (mille-pattes)

Les mesures à prendre pour lutter contre les mille-pattes sont les suivantes:

▲ repérer et **réduire les nids** de reproduction;

▲ si la reproduction se fait dans des pailles ou des matières végétales en décomposition, on essaie d'**accélérer leur décomposition** par un apport d'azote, par exemple de l'urée;

▲ pulvériser sur les cultures attaquées une **macération de cadavres** de myriapodes;

▲ utiliser des **appâts empoisonnés** (à base de tourteaux).

Lutter contre les criquets

Il existe de nombreuses espèces de sauterelles regroupées sous le nom d'**acridiens**. La lutte antiacridienne diffère selon le mode de formation et de migration des essaims. En Afrique, quatre espèces sont particulièrement destructrices des cultures: le **criquet puant** *(Zonocerus variegatus)* qui se déplace peu, le **criquet nomade** *(Nomadacris septemfasciata)* qui forme de grands essaims se déplaçant en vol sur de longues distances, le **criquet migrateur** *(Locusta migratoria)* et le **criquet pèlerin** *(Schistocerca gregaria)* dont les troupeaux se déplacent plutôt à la surface du sol.

L'intervention la plus efficace est toujours celle qui a lieu de façon préventive, au moment des pontes ou de la constitution des troupeaux, et dans les **lieux d'origine de la prolifération**:

- **repérer les zones de ponte**. On les **laboure** en vue d'exposer les œufs au soleil;
- **repérer les essaims en formation** et les traiter au moyen d'un **insecticide** puissant;
- contre les criquets non ailés marchant à la surface du sol: placer des longues **barrières** ou des **fossés** empêchant les troupeaux de progresser. Les criquets accumulés le long de la barrière sont alors écrasés ou saupoudrés au moyen d'un insecticide;
- **ramassage à la main** en début ou fin de nuit;
- mise en place d'**appâts empoisonnés** par un insecticide d'ingestion;
- **pulvérisation** ou **poudrage** manuels d'insecticides sur les petits troupeaux;
- **épandage d'insecticide sur les essaims**, par poudrage ou pulvérisation à partir du sol ou d'un avion, s'il existe un service spécialisé. Cette méthode comporte des risques d'intoxication pour l'homme et les animaux.

Les moyens d'action individuels sont utiles mais d'efficience limitée. Les luttes collectives et l'intervention des

services étatiques sont plus efficaces. Par le passé, les gouvernements s'étaient entendus dans le cadre de l'Organisation Commune de Lutte Antiacridienne et Antiaviaire (OCLALAV). Mais le désintérêt des États et les nombreux conflits qui ont enflammé le continent ont provoqué l'interruption des luttes internationales. Les États poursuivent chacun leur stratégie de lutte. Pour en être informé, on peut procéder à des recherches sur un moteur de recherche internet avec les mots-cléfs "antiacridien" ou "antiaviaire".

Lutter contre les limaces

- différents types de **pièges** permettent de détourner les limaces des plantes cultivées, et de les ramasser ensuite pour les détruire. Ces pièges comportent généralement un appât et un refuge (**1050**);
- les **appâts** utilisés sont des matières telles que tranches de pommes de terre ou de tomates, feuilles de choux ou de légumes, compost non mûr, restes d'engrais verts, son, bière ou jus fermentés, etc.;
- des **refuges** appréciés par les limaces sont organisés: planche ou toile déposée sur le sol meuble, humide et frais ou petit tas de gravier. Les limaces rassemblées autour de l'appât durant la nuit sont ramassées le matin;
- placer des **anneaux infranchissables** par les limaces (boîtes à conserve ouvertes des deux côtés, bouteilles en plastique découpées, bambous, ...) autour des plants individuels;
- des **barrières** peuvent être réalisées autour des planches de culture pour gêner l'avancée des limaces. Elles sont faites de matières pulvérulentes (comme la fine cendre sèche), de matières blessantes (latérite pilée) ou de matières instables (par exemple du son ou de la sciure de bois) auxquelles on ajoute éventuellement des plantes répulsives ou du purin de limace;
- arrosage de la planche de culture avec du **jus de limaces** fermenté;
- les **volailles** sont d'actives consommatrices de limaces; on les laissera circuler dans les parcelles où elles ne risquent pas d'abîmer les cultures. Les hérissons également apprécient les limaces;



Piège à limaces

- certains **appâts commerciaux** tuent les limaces par dessèchement.

La lutte contre les limaces est difficile. Il est utile de combiner plusieurs méthodes.

Lutter contre les termites

Il est pratiquement exclu de détruire les termitières mécaniquement ou chimiquement, ni d'atteindre les termites au moyen de substances chimiques épandues sur le sol. Il n'y a que peu de voies pour protéger les plantes cultivées contre les termites:

- ▲ les termites attaquent plus facilement les plantes cultivées chétives et en manque d'eau que les plantes bien arrosées et nourries. L'**arrosage** des pieds et leur **bonne alimentation** est un moyen de lutte efficace puisque les plants restent bien en sève;
- ▲ semer des **espèces répulsives** dans les parcelles envahies ou qui risquent de l'être, associer de telles espèces dans les lignes de semis, associer directement les espèces répulsives aux jeunes pieds repiqués;
- ▲ **nourrir la termitière** avec des déchets végétaux afin que les termites ne cherchent pas à émigrer (pour les espèces de termites relativement sédentaires). Lorsqu'une termitière est installée en un endroit, y implanter un ou plusieurs arbres utiles capables de bénéficier de l'humidité de la termitière et de la nourrir;
- ▲ implanter des **nids de fourmis** ne présentant pas de danger pour les cultures, à proximité des termitières. Certaines espèces de fourmis entrent en effet **en concurrence avec les termites** et les chassent.

Les tentatives de destruction des termitières ont en général pour effet de provoquer la dissémination des nids.

Lutter contre les petits mammifères sauvages ravageurs des cultures

La lutte contre les petits mammifères sauvages doit être **limitée au strict nécessaire**. Avant toute lutte, il faut **vérifier l'incidence réelle de leurs attaques** sur les plantes. Plusieurs espèces sont de précieux auxiliaires des cultures: ils consomment des vers, des

larves, des chenilles, des limaces, etc. La lutte peut se faire de plusieurs façons:

- **éliminer tout ce qui attire** le mammifère dans la parcelle ou le jardin: tas de détritus, abris, etc.;
- établir des **clôtures**. Contre les mammifères qui creusent des terriers, on enfonce le grillage dans le sol;
- placer des **anneaux de protection en tôle** (aluminium ou plastique) autour des troncs d'arbres, des pieds de tables pépinières, des magasins: ils empêchent les animaux de s'agripper pour grimper;
- placer des matériaux **répulsifs** dans les galeries souterraines. Utiliser des répulsifs biologiques ou chimiques: excréments, urine, cadavres de l'espèce combattue. En général, les animaux fuient l'odeur des cadavres de leur propre espèce;
- établir les pépinières sur des tables. Les pieds de tables ou de magasins peuvent être **plongés dans un liquide répulsif**: pétrole, huile de vidange, etc.;
- s'il s'agit de protéger les réserves, on les **suspend** afin de les mettre hors d'atteinte;
- **effarouchement** optique ou acoustique;
- protection des **rapaces** prédateurs des petits mammifères ravageurs et des **mammifères carnassiers** tels que chat, chien dressé, renard, chacal, fennec, loutre, genette, mangouste, hyène, ...;
- **battues** contre les espèces nuisibles. Mais attention aux risques de feux intempestifs lors de ces battues;
- **destruction** des terriers et capture de leurs habitants (s'ils occasionnent de grands dégâts aux cultures); éviter de tuer les petits mammifères utiles comme auxiliaires;
- **pièges** mécaniques ou à noyade, nasses, etc.;
- **fumigation** des terriers par gaz toxiques, **gazage** des galeries;
- **appâts** empoisonnés (poisons aigus ou anticoagulants). Attention aux risques d'empoisonnement humain ou d'animaux utiles.

L'utilisation de rodenticides ou raticides est nécessaire en cas de forte infestation. La plus grande prudence s'impose cependant lors de l'application de ces produits. Les animaux tués par ces substances ne peuvent en aucun cas être consommés.

Notes

Lutter contre la divagation des animaux domestiques

Les animaux domestiques font partie des exploitations fermières. Lorsqu'ils sont en divagation, ils occasionnent des dégâts importants. La lutte contre la divagation de ces animaux est exigeante sur les plans communautaire et technique.

Sur le plan communautaire, seules des **règles établies de commun accord au sein des communautés** rurales sont à même de résoudre les problèmes liés à la divagation: établissement de **clôtures** vives ou mortes, délimitation des **parcours** du bétail, détermination de **zones d'abreuvement** autour des lacs et des mares; autour de ces zones, **répartition des terres** entre agriculteurs et éleveurs, établissement d'un code de **sanctions équitables** en cas de destructions par les animaux en divagation;

Sur le plan technique, de nombreuses mesures peuvent être prises pour limiter les parcours et amener le bétail en **stabulation**. Ces mesures ne sont applicables que s'il existe des **cultures fourragères** au sein même des exploitations, dans les terroirs concernés ou dans les marchés locaux.

Lutter contre les grands mammifères sauvages ravageurs des cultures

Dans les zones peu habitées, les dégâts occasionnés par les singes, les phacochères, les éléphants, les cervidés, etc. sont parfois très importants. Les seules pratiques de lutte possibles sont les suivantes:

- ▲ gardiennage et **effarouchement**;
- ▲ **chasse** sous contrôle des services de l'environnement;
- ▲ **clôtures métalliques** et barrières épineuses; barrières électriques basse tension;
- ▲ **marquage artificiel de territoire** au moyen d'urine et d'excréments (pour certains animaux dits "territoriaux").

Lutter contre les maladies dues à la salinité du sol

La lutte contre les maladies de la salinité se fait surtout à travers les pratiques agricoles et l'aménagement des parcelles en vue de contrôler les mouvements de l'eau et du sel dans le sol.

Pratiques culturales

- favoriser une **bonne structure du sol**;
- favoriser la **fumure organique** sous forme de compost, fumier animal et engrais verts;
- **éviter l'insolation directe du sol**;
- aménager les parcelles et les placeaux de culture en vue de **réduire les vents et l'évaporation de l'eau à la surface du sol**. Disposer des brise-vent, des haies, des seccos, des lignes d'herbes hautes, etc.;
- planter des **espèces agroforestières** pour limiter l'insolation du sol et ralentir les vents dominants; les disposer en placeaux, en haies vives;
- **rompre la couche superficielle** du sol par le **binage**, afin de réduire l'évaporation de l'eau et le dépôt de sel à la surface du sol;
- **pailler** le sol;
- entretenir une **plante de couverture** ou des arbres d'**ombrage** rafraîchissant le sol;
- **limiter l'utilisation d'engrais minéraux** dès qu'il existe des risques de salinisation; leur préférer les engrais organiques;
- **limiter les feux**; les réserver uniquement à la destruction des déchets pouvant constituer des foyers de ravageurs;
- **corriger la composition minérale du sol** par des apports spécifiques dont la composition est étudiée en laboratoire (solution coûteuse dans les exploitations familiales).

Gestion de l'eau

- **limiter l'arrosage** au strict minimum nécessaire pour les plantes cultivées, lorsque l'eau d'arrosage est saline;
- favoriser le **drainage** du sol et le **lessivage** qui en résulte, lorsque les parcelles sont irriguées par inondation;
- préférer les **arrosages économes**, par ruissellement ou au goutte-à-goutte, plutôt que par aspersion, surtout si l'eau d'arrosage est salée.

Lutter contre les maladies de la malnutrition

Toutes les pratiques qui améliorent la fertilité du sol permettent de lutter contre la malnutrition des plantes. Relevons cependant quelques pistes générales:

- associer aux cultures saisonnières des **espèces à enracinement profond** (arborescentes ou herbacées); elles sont capables de remonter des minéraux vers la couche superficielle du sol et de la rééquilibrer chimiquement;
- amender le sol d'une parcelle avec des **fumiers** animaux ou des **composts provenant d'autres zones écologiques**;
- implanter dans les parcelles des espèces agroforestières ou autres, dans le but de **produire de la matière à composter**;
- **associer l'élevage à l'agriculture** en vue de produire du fumier animal;
- associer aux cultures, ou introduire dans la rotation, des **plantes fixatrices d'azote** (légumineuses par exemple);
- pulvériser périodiquement de l'**urine** ou du **purin** filtré, dilué (environ 1/5), et fermenté durant quelques jours. Cette pulvérisation peut avoir un double effet: alimentaire et phytosanitaire;
- **inoculer** les racines des légumineuses par des bactéries fixatrices d'azote comme le *Rhizobium*;
- appliquer des **engrais minéraux** enrichissant le sol en macro-éléments tels que N, P et K, ou chauler la terre. On évite cependant l'utilisation excessive d'engrais chimiques mal adaptés. L'excès amène petit à petit soit une acidification des terres, soit des déficits en oligo-éléments très difficiles à corriger.

Lutte biologique

La **LUTTE BIOLOGIQUE** contre les ravageurs des cultures consiste à utiliser les éléments naturels et les êtres vivants pour combattre ces ravageurs. Ses principes sont les suivants:

- traiter les ravageurs avec des **éléments issus de végétaux, d'animaux ou de minéraux** qu'on peut trouver dans l'environnement: extraits secs, huiles essentielles, macérations, infusions, urines, etc.;
- **organiser la chaîne alimentaire autour du ravageur**, afin que celui-ci soit lui-même attaqué, en favorisant les auxiliaires de culture (voir ci-après).

Les luttes biologiques contre les ravageurs des cultures offrent d'immenses possibilités. Elles sont trop peu étudiées. Peu de firmes s'y intéressent puisqu'elles préfèrent vendre des produits commerciaux. Les stations de recherche agricole préfèrent également suivre la piste des pesticides

artificiels, considérant que les luttes biologiques sont compliquées à maîtriser. Dans de nombreux cas, les pesticides artificiels simplifient les pratiques sanitaires, mais ils sont très souvent dangereux pour l'homme, les animaux et la biodiversité.

Par ailleurs, il existe dans le contexte proprement africain une large gamme de possibilités liées aux mondes végétal et animal qu'il serait bon de valoriser au bénéfice des exploitations familiales.

Produits biologiques

Extraits végétaux

La nature regorge de plantes ayant des vertus pesticides. On en trouvera un certain nombre dans *"Champs et jardins sains"*. On peut utiliser ces plantes de diverses façons (**1051**).

Les extraits du neem, de l'ail, du piment, de l'eucalyptus, sont des exemples de substances très utilisées pour les luttes phytosanitaires. Le mieux est souvent d'**associer plusieurs extraits**. Voici quelques mélanges assez connus:

1051 ***Utilisation de substances biologiques***

Les éléments biologiques peuvent être **extraits** et utilisés de plusieurs façons:

- ✓ macération des éléments biologiques dans l'eau froide, ou infusion dans l'eau bouillante,
- ✓ extraction d'huiles essentielles par pressage ou distillation,
- ✓ poudres sèches ou cendres,
- ✓ urines.

Les **applications** se font par:

- ➤ arrosage ou pulvérisation,
- ➤ trempage,
- ➤ application en poudres,
- ➤ application sous forme de glu ou de goudrons,
- ➤ fumigation.

Extractions et applications demandent toujours d'être expérimentées tant sur le plan des dosages que des modes d'application.

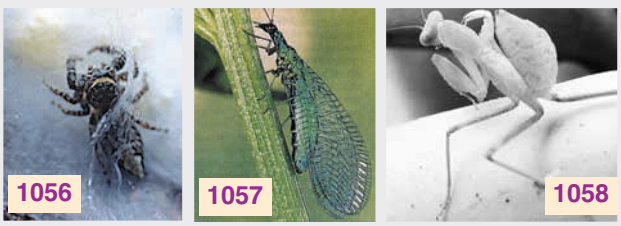
Notons que, autant que les produits de l'industrie chimique, certains extraits végétaux et animaux peuvent être dangereux s'ils ne sont pas manipulés avec précaution.



Erynia neoaphidis consomme des pucerons. Epidinocarsis lopezii s'attaque à la cochenille du manioc.



Aphidus bertrandi pond dans le corps du puceron Acyrthosciphon pisum qui se momifie.



L'araignée, le chrysope, la mante, sont trois auxiliaires de culture utiles.

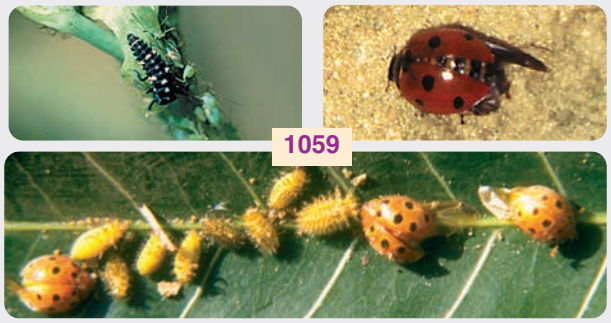
- ✿ ail et piment, éventuellement additionné d'une plante odorante comme la tagète,
- ✿ neem, lilas de Perse, derris,
- ✿ neem, eucalyptus,
- ✿ pyrèthre, eucalyptus.

Tous les milieux offrent de multiples possibilités de tels mélanges qu'on s'efforcera de tester soit à la ferme, soit dans les stations agricoles locales ou régionales.

Extraits animaux

Des éléments d'origine animale peuvent être extraits et utilisés de la même façon que les éléments végétaux. Des **purins** filtrés ou des **urines** animales diluées sont efficaces tant pour combattre certains insectes que pour lutter contre les insuffisances nutritionnelles chez les plantes.

Certains **jus macérés** de cadavres ou les excréments de certains animaux sont parfois de puissants répulsifs pour les individus de la même espèce. C'est



Coccinelles et leurs larves



Les volailles sont de grandes consommatrices de vers, de chenilles,d'insectes et de larves vivant dans les couches superficielles du sol.

le cas par exemple pour les chenilles légionnaires ou pour les mille-pattes: on les broie et on les laisse macérer avant de les répandre sur les parcelles à protéger. Certains animaux "territoriaux" sont repoussés lorsqu'ils sentent l'odeur de leurs congénères, pensant avoir atteint la limite de leur propre territoire.

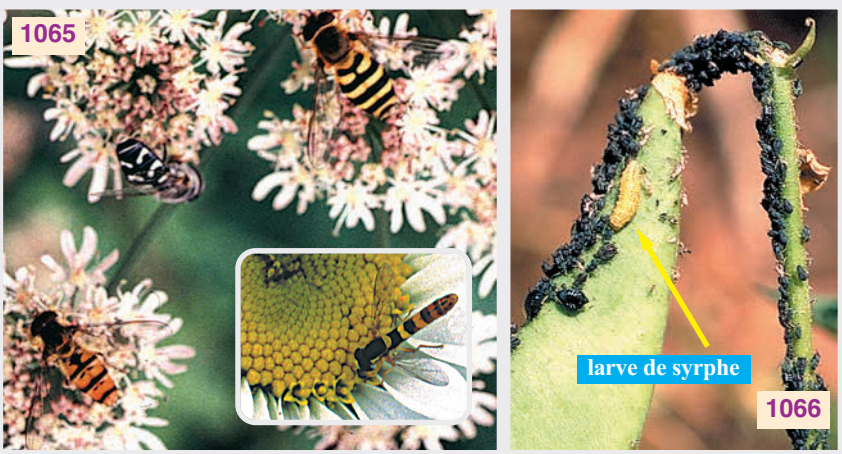
Les **phéromones** sont des substances produites par des animaux, des insectes en particulier, pour s'attirer sexuellement entre mâles et femelles. Ces substances naturelles, ou leurs équivalents industriels, sont utilisés dans des pièges à phéromones (**1048**). Au moyen d'une capsule de phéromone femelle, les mâles sont attirés vers un piège où ils sont capturés dans de la glu. Faute de mâles, les femelles restant dans le milieu cesseront d'être fécondées, ce qui y diminuera la densité de la population, et donc les attaques de ces insectes.

Auxiliaires de culture

Les **AUXILIAIRES DE CULTURE** sont des animaux qui, dans les chaînes alimentaires se développant dans les cultures, s'attaquent aux parasites de celles-ci. Des araignées capturent et consomment des mouches, des larves de chrysopes consomment de grandes quantités de pucerons, des oiseaux de proie chassent les oiseaux et les souris, des guêpes pondent dans le corps de pucerons. Les larves qui se développent ensuite tuent ces pucerons en les consommant par l'intérieur. Le tableau **1067** et les photos ci-dessous fournissent quelques exemples d'auxiliaires de culture, mais il en existe une multitude. C'est l'observation journalière des chaînes alimentaires campestres qui permet de les repérer. Le tableau **1068**, lui, relève à titre d'exemple l'efficacité de certains auxiliaires.



Crapauds, grenouilles, lézards, serpents non vénéneux, caméléons, sont des auxiliaires qui consomment des grandes quantités d'insectes.



Quelques espèces de syrphes. Les adultes se nourrissent du suc des fleurs, mais leurs larves mangent les pucerons.

Les auxiliaires de culture peuvent être **encouragés** par les cultivateurs. Il y a plusieurs façons de favoriser leur travail:

- ❏ **éviter de les tuer**,
- ❏ **éviter les traitements pesticides radicaux** qui tuent tout ce qui bouge,

1067 Quelques familles d'insectes et d'arachnides comprenant des auxiliaires de culture

Les familles suivantes comprennent des auxiliaires de culture:

- ✓ punaises (hémiptères)
- ✓ guêpes et fourmis (hyménoptères)
- ✓ coccinelles (**1059**) et scarabées (coléoptères)
- ✓ chrysopes (neuroptères)
- ✓ syrphes (diptères) (**1065**)
- ✓ thrips (tysanoptères)
- ✓ perce-oreilles (dermaptère)
- ✓ grillons (orthoptères)
- ✓ mantes (dictyoptères) (**1058**)
- ✓ libellules (odonates)
- ✓ araignées et acariens (arachnides) (**1056**)

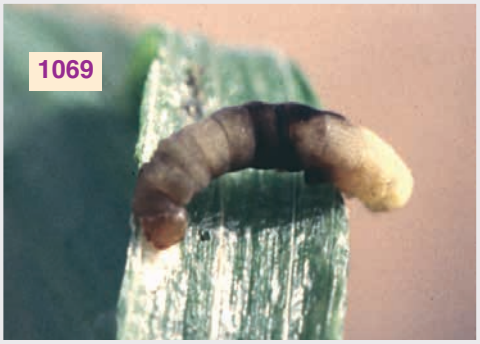
La liste n'est pas exhaustive. Toutes les espèces faisant partie des familles citées ci-dessus ne sont pas nécessairement des prédatrices auxiliaires de culture.

- ❑ créer sur place des **conditions favorables** pour le développement des auxiliaires, par exemple en préservant certains micro-milieux comme des massifs d'arbres ou des haies,
- ❑ **élever les auxiliaires** en lieux fermés, avant de les répandre dans les cultures au moment le plus adéquat.

Virus et bactéries auxiliaires

Les ravageurs attaquent les cultures, mais il se peut qu'eux-mêmes soient soumis à des attaques et des maladies. C'est le cas de cette chenille malade installée dans une feuille d'oignon. Elle est attaquée par un virus *(Baculovirus)* (**1069**). Une méthode de lutte biologique est de répandre ce virus sur les chenilles. Une simple macération, même diluée, de quelques chenilles malades, et sa pulvérisation sur les planches d'oignons permettra peut-être de réduire l'incidence de l'attaque. On trouve également dans le commerce des poudres contenant ces bactéries.

La lutte biologique peut donc s'organiser pour provoquer la contagion de maladies virales, bactériennes ou fongiques, chez le ravageur des cultures.



Chenille atteinte par Baculovirus

1068 Quelques chiffres de prédation par les auxiliaires de culture

Les auxiliaires de culture sont des agents très actifs pour le contrôle des ennemis des cultures. Voici quelques exemples de cette activité:

- ❒ en 10 jours, jusqu'au moment où elle prend sa forme adulte, une larve de syrphe consomme entre 400 et 700 pucerons;
- ❒ une larve de coccinelle mange entre 30 et 60 pucerons par jour, pendant 8 à 10 jours;
- ❒ une larve de chrysope se nourrit de plus de 500 pucerons en 15 à 20 jours;
- ❒ une femelle de la guêpe *Epidinocarcis lopezii* (**1053**) parasite des centaines de cochenilles en quelques jours en y pondant ses œufs;
- ❒ une petite chauve-souris consomme jusqu'à 60 mouches, papillons, chenilles, ... par nuit d'activité.

Sur chacun de nos champs et de nos maraîchages, quelles sont les différentes pratiques que nous pouvons adopter pour réduire les ravages? Comment favoriser l'hygiène des plantes et les mesures préventives? A quoi devons-nous penser pour éviter d'être nous-mêmes des vecteurs de maladies et de parasites? Comment valoriser les moyens de lutte locaux? A quels moments devons-nous faire appel à des remèdes commerciaux?

Que pouvons-nous trouver dans l'environnement pour favoriser les auxiliaires de culture? Quels comportements pouvons-nous adopter, d'une part pour les protéger, d'autre part pour les installer dans le milieu s'ils ne s'y trouvent pas?



Partie 13
Ce que l'agriculture familiale rapporte

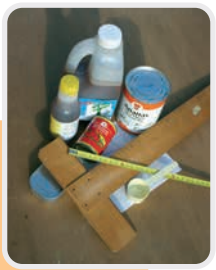
L'**efficacité** ou l'inefficacité des pratiques agricoles se mesure aux **résultats obtenus par rapport aux objectifs** de l'exploitation familiale qui sont:

- de produire pour la **consommation familiale**,
- d'obtenir des **revenus monétaires**,
- d'assurer la **sécurité** familiale,
- de maintenir durablement la **fertilité** des sols,
- de **protéger** et d'améliorer la terre et les ressources du terroir.

Mais comment mesurer les améliorations et comment comparer ses propres résultats à ceux obtenus par d'autres? Comment comparer les champs entre eux au cours de saisons successives, pour en voir l'évolution?

Dans cette partie, nous étudierons:

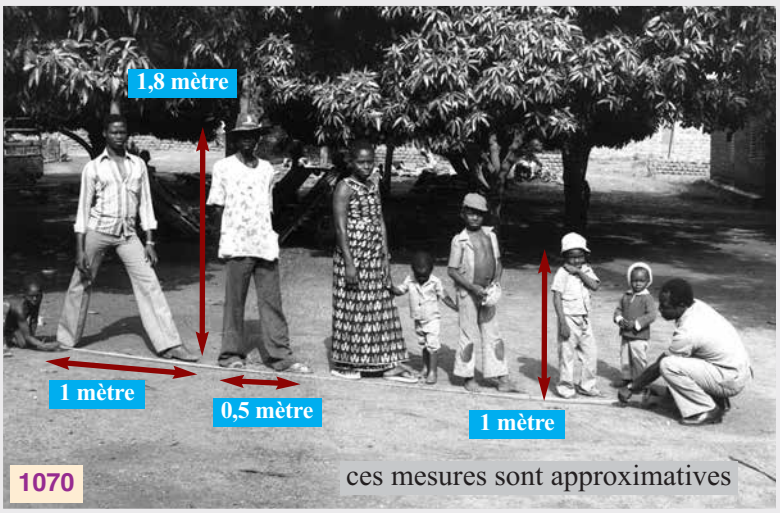
- les unités de mesure,
- la production et le rendement,
- la valeur des aliments,
- l'efficacité des engrais,
- les rendements en cultures associées.



Chapitre 40
Les unités de mesure

Pour établir correctement les rendements d'une terre, nous devons disposer de bonnes unités de mesure. Familiarisons-nous avec les unités de longueur, de surface, de volume et de poids, avant d'entrer dans les calculs de rendement.

En milieu rural, dans les villages et les exploitations agricoles, on ne dispose pas toujours d'instruments de mesure précis. Prenons donc quelques points de repère en nous aidant de la photo **1070**. Plusieurs personnes sont alignées le long d'un ruban-métreur tenu à chaque bout.



Les deux hommes les plus grands ont entre 1,80 et 1,90 mètre. Le pas large du premier à gauche vaut à peu près 1 mètre, d'un bout de pied à l'autre. Le second homme fait un pas d'environ un demi-mètre (50 centimètres). Le deuxième enfant en commençant par la droite a environ 1 mètre de haut.

Celui qui ne dispose pas d'un ruban-métreur en permanence peut mesurer la longueur de son pied ou de son pas une fois pour toutes. En comptant ses pas, il peut alors mesurer les distances approximatives en mètres: si son pas normal fait par exemple 0,70 mètre de long, 20 pas font 14 mètres.

Les mesures de longueur

On peut mesurer une longueur en pieds ou en pas. C'est une méthode facile pour les comparaisons approximatives immédiates qu'on fait chez soi. Mais certains ont des grands pieds et de longs pas, d'autres ont les pieds et les pas plus courts. Si nous disons que le champ mesure 50 pas, la distance de 50 pas parcourue par les uns et les autres n'est pas précisément la même.

Il est préférable d'utiliser une unité identique pour tout le monde. Le **MÈTRE** est le plus couramment utilisé en Afrique francophone. C'est une mesure de longueur reconnue dans le monde entier, où qu'on aille. Mais d'autres mesures sont utilisées en pays anglophones ou dans d'autres régions du monde.

On peut diviser ce mètre en parties ou le multiplier pour avoir des longueurs plus courtes ou plus longues. Voyons le tableau **1071**.

1071 Unités de mesure des longueurs

- ✎ divisons le mètre en 100 parties égales, nous obtenons des **CENTIMÈTRES** (cm)
- ✎ divisons-le en 1.000 parties, nous avons des **MILLIMÈTRES** (mm)
- ✎ le **DÉCIMÈTRE** vaut 10 centimètres et le dixième d'un mètre (dm)
- ✎ multiplions le mètre par 10, nous aurons une distance d'un **DÉCAMÈTRE** (dam)
- ✎ multiplions le mètre par 100, nous avons une distance d'un **HECTOMÈTRE** (hm)
- ✎ si nous le multiplions par 1.000, nous avons une distance d'un **KILOMÈTRE** (km).

Voyons sur le bord de la page précédente, une règle découpée en 25 centimètres. Si nous la représentons 4 fois, nous connaissons la longueur d'un mètre.

Les mesures de surface

Pour mesurer les rendements agricoles et faire des comparaisons, il est indispensable de mesurer correctement des surfaces. **Trois unités de mesure** sont généralement utilisées:

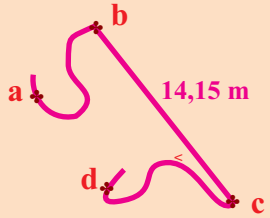
■ Le **MÈTRE CARRÉ** est la surface d'un carré dont chaque côté a une longueur d'un mètre. On l'écrit de la façon suivante: **m²**. Une surface d'un mètre carré peut être contenue dans d'autres formes que le carré lui-même. Par exemple, un cercle dont le rayon est de 0,564 mètre équivaut à 1m². Un rectangle dont les côtés sont respectivement de 0,50 et de 2 mètres a une surface de 1m² puisque 0,50 multiplié par 2 = 1. Le rectangle dont les côtés ont respectivement 2,3 et 4,6 mètres a une surface de 10,58 mètres carrés.

1072 Comment mesurer un are de terre

On utilise une corde d'environ 35 mètres, divisée en 3 parties marquées par 4 nœuds: **a**, **b**, **c** et **d**. La portion centrale (**b-c**) est exactement de 14,15 mètres. Les deux autres portions sont de 10 mètres (**a-b** et **c-d**)

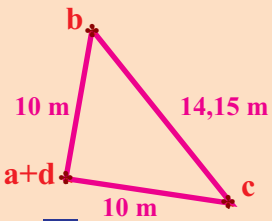
On agit ensuite en 3 étapes.





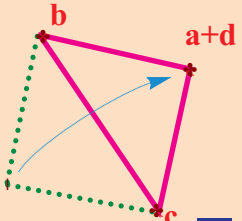
1

*Tendre le morceau central de 14,15 mètres en diagonale, selon la surface qu'on veut délimiter. Placer un pieu à l'endroit de chacun des deux nœuds de cette partie (**b** et **c**).*



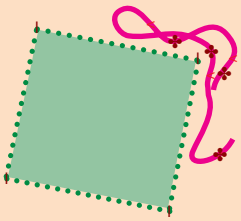
2

*Tendre les deux morceaux de 10 mètres pour que les nœuds des extrémités se joignent (**a** et **d**). Placer un pieu à l'endroit où ils se rencontrent.*



3

Procéder de la même façon du côté opposé



La surface délimitée par les 4 pieux équivaut à un are

règle en centimètres

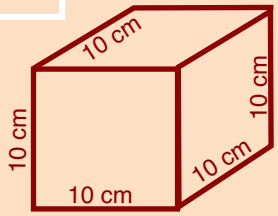
- Si nous prenons un carré dont les côtés font chacun 10 mètres, nous avons une surface d'un **ARE**. L'are, qu'on écrit "**a**", est une surface équivalente à 100 mètres carrés (10 m x 10 m = 100 m^2). Le tableau **1072** indique comment on peut mesurer une surface d'un are.
- Un carré dont chaque côté mesure 100 mètres équivaut à une surface d'un **HECTARE** (**1 ha**). L'hectare comprend 10.000 mètres carrés (100 m x 100 m = 10 000 m^2). Il comprend aussi 100 ares.

Les mesures de volume

Voici plusieurs volumes: deux fûts métalliques, un jerrican, une bouteille et un verre (**1075**). Ces volumes sont mesurés en **LITRES**. Le litre est le volume d'un cube dont tous les côtés ont 10 cm de longueur, comme sur la figure **1073**. Ce cube est aussi appelé **DÉCIMÈTRE CUBE** (dm^3). Mais un litre de liquide peut évidemment se placer dans des récipients de toutes sortes de formes.

Le décimètre cube

1073

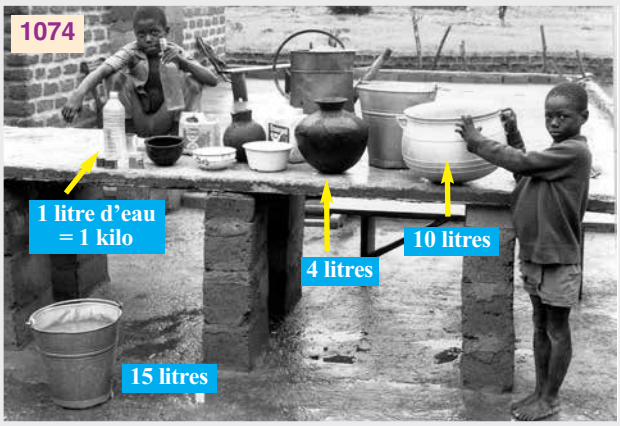


Un décimètre cube équivaut à un volume d'un litre.
Un litre d'eau pèse un kilo.

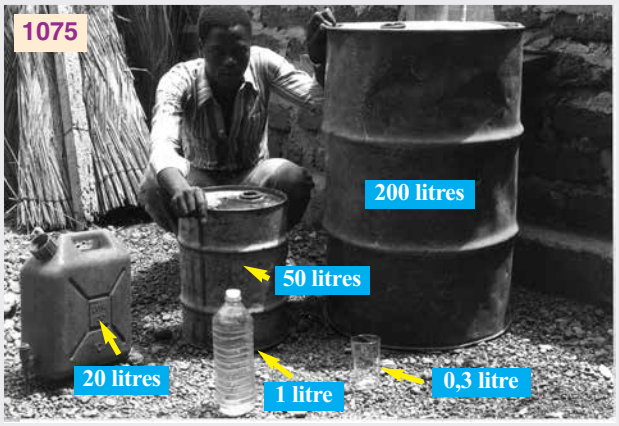
Il est difficile de définir le contenu de récipients de forme différentes tant qu'on ne dispose pas d'une référence fixe. Cette référence est le litre. Quelle que soit la forme dans laquelle il se place - une bouteille, un sachet en plastique, un vase allongé - un litre de liquide reste toujours un litre, qu'il s'agisse d'eau, d'huile, d'essence, etc.

Le contenu en litres des récipients qui sont présentés sur la photo **1075** a été mesuré avec exactitude. Par contre, la plupart de ceux qui figurent sur la photo **1074** ont des volumes quelconques. On peut cependant connaître ces volumes en mesurant le nombre de litres d'eau qu'on peut y verser sans déborder. La bouteille qui se trouve à gauche sur la table, dont le volume est d'un litre, peut servir à effectuer cette mesure. C'est ainsi qu'on verse 10 bouteilles d'eau d'un litre dans le seau métallique posé sur la table, et 15 dans celui qui se trouve devant la table, sans qu'il ne déborde.

1074



1075



Certains récipients sont construits pour contenir des volumes de liquides quelconques (au-dessus). On les utilise dans les cuisines ou les marchés.

D'autres contiennent des volumes précis (en dessous). Ils sont utilisés pour les échanges commerciaux ou quand on dose des liquides.

Les mesures de poids

Un litre d'eau pèse un KILOGRAMME, ou mille grammes. Le **GRAMME** est en effet la millième partie du kilogramme.

Nous savons que l'huile ou l'essence ajoutées à une quantité d'eau vont se placer au-dessus du volume d'eau. Elles sont en effet plus légères. Si nous disposons d'une balance et que nous pesons un litre d'huile ou d'essence, son poids sera plus petit qu'un kilo. Le sable fin, lui, est plus lourd que l'eau. Il tombe au fond du récipient. Si nous pesons un litre de sable, il pèsera peut-être deux fois plus que le litre d'eau. Sa **DENSITÉ** est plus forte que celle de l'eau, alors que celle de l'huile est plus faible.

Faisons-nous une idée de quelques poids, à partir de la photo **1076**.

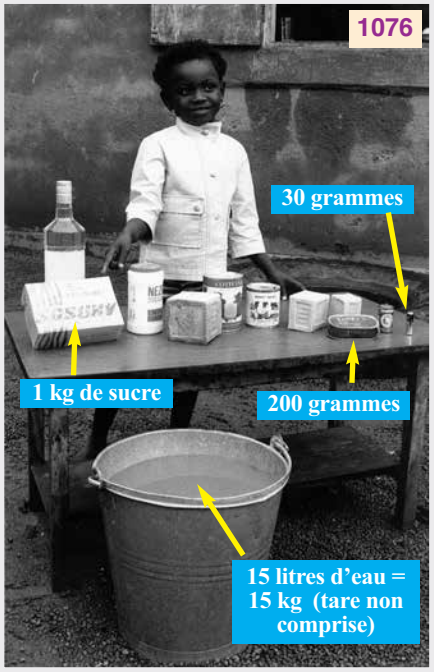
Cette fillette nous montre du doigt un paquet de sucre qui pèse précisément 1 kilo. La bouteille d'un litre contient 1 kilo d'eau; la boîte de sel, plus petite que le paquet de sucre, pèse également 1 kilo. Par contre, si nous regardons à droite, nous voyons des piles dont la plus petite pèse environ 30 grammes. La boîte de

sardines pèse environ 200 grammes tout compris. Les 15 litres d'eau se trouvant dans le seau pèsent 15 kilos. Le fût de 200 litres peut contenir 200 kilos d'eau ou 180 kilos d'huile (**1075**).

Parfois, onprend des unités plus petites ou plus grandes que le kilo pour effectuer des mesures de poids.

Le tableau **1077** nous indique les différentes unités utilisées en agriculture.

Pour les mesures de poids, nous avons parlé du poids du contenu, sans tenir compte du poids du récipient qui le contient. Le poids du récipient s'appelle la **TARE**. La tare doit être pesée à part si l'on veut obtenir une mesure exacte du poids du contenu.



Quelques estimations de poids

Si nous soulevons le seau de 15 litres d'eau, nous portons 15 kilos plus le poids du seau. Ce dernier correspond à la tare. Si un sac d'arachides pèse précisément 30 kilos sur la balance, et que la tare (le sac vide) pèse 900 grammes, le poids exact des arachides est de 29,1 kilos. Si on pèse un camion qui transporte 6 tonnes de produits, par exemple, la tare correspond au poids du camion lui-même qui pèse 5 tonnes. Au total, la bascule indiquera 11 tonnes.

1078 Unités de mesures anglaises

❍ **inch** (pouce)	2,54 cm
❍ **foot** (pied)	0,30 m
❍ **mile** (mile)	1.609,30 m
❍ **acre** (acre)	40,06 ares ou 0,41 ha
❍ **hectare**	2,47 acres
❍ **ounce** (once)	28,30 gr
❍ **pound** (livre)	453,60 gr

Dans le monde anglophone, on utilise souvent d'autres unités (**1078**).

Connaissant les unités de longueur, de surface, de volume et de poids qui sont rappelées dans le tableau **1077**, il nous est possible de bien comprendre comment mesurer les rendements.

Comment mesurer correctement les longueurs, les surfaces, les volumes, les poids? Comment repérer sur notre propre corps, des longueurs approximatives? Combien de centimètres mesure notre main, notre pied, notre pas, notre bras? Quelle est notre taille, la hauteur de notre genou, au-dessus du sol? Comment repérer quelques mesures de poids ou de volume? Quelle est la différence de poids entre un bidon rempli de 10 litres d'eau et un autre de 10 litres d'huile?

1077 Rappel des unités de mesure usuelles

longueur

➤ kilomètre (km)	1.000	m
➤ hectomètre (hm)	100	m
➤ décamètre (dc)	10	m
➤ **mètre (m)**	1	m
➤ décimètre (dm)	1/10	m
➤ centimètre (cm)	1/100	m
➤ millimètre (mm)	1/1.000	m

surface

➤ hectare (ha)	10.000	m^2
➤ are (a)	100	m^2
➤ **mètre carré (m^2)**	1	m^2

poids

➤ tonne (t)	1.000	kg
➤ quintal (q)	100	kg
➤ **kilogramme (kg)**	1	kg
➤ gramme (gr)	1/1.000	kg
➤ milligramme (mg)	1/1.000	gr

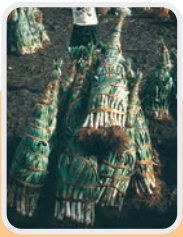
volume

➤ **mètre cube (m^3)**	1.000	l
➤ hectolitre (hl)	100	l
➤ **litre (l)**	1	l
➤ décilitre (dl)	1/10	l
➤ centilitre (cl)	1/100	l
➤ millilitre (ml)	1/1.000	l

Le mètre cube est un cube dont tous les côtés mesurent un mètre

rapport entre poids et volume

Un décimètre cube d'eau équivaut à un litre et pèse un kilo. Un mètre cube d'eau contient 1.000 décimètres cube, soit 1.000 litres. Il pèse 1.000 kilos.



Chapitre 41
Production et rendement

La production

Produits et sous-produits

On parle de **PRODUCTION** pour caractériser l'ensemble des produits et des sous-produits récoltés à la ferme:

- ▲ des produits destinés à la **consommation humaine** (grains, tubercules, fruits, légumes, fibres, médicaments, etc.),
- ▲ des produits **fourragers** destinés à la **consommation animale**,
- ▲ du **bois** pour la construction ou pour le chauffage, et d'autres matières combustibles,
- ▲ des **sous-produits**.

Dans les exploitations agricoles familiales, on distingue sur le plan économique:

- ▼ la production **autoconsommée**,
- ▼ la production **écoulée** sur les **marchés** locaux ou régionaux,
- ▼ outre les produits les plus connus qui entrent dans la consommation familiale ou la commercialisation, il y a des **produits secondaires** importants: bois et médicaments en particulier,
- ▼ les produits écoulés par les **hommes** et par les **femmes** sont souvent différents. Chaque composante de la famille, homme, femme, jeunes filles, jeunes hommes, s'intéresse parfois à des produits principaux ou secondaires particuliers.

Les **SOUS-PRODUITS** sont obtenus de façon complémentaire aux produits. Par exemple, la paille de riz est un sous-produit de la riziculture, utilisé pour la confection de paniers, de chapeaux, etc. Le tourteau d'arachide est le sous-produit de la fabrication de l'huile, les fanes du haricot sont un sous-produit utilisable pour l'élevage.

Relever et chiffrer la production est la façon la plus simple de caractériser l'efficacité de l'exploitation. "J'ai obtenu quarante régimes de banane plantain, j'ai rempli deux greniers de sorgho en épis, j'ai produit dix paniers de tomates".

Le relevé de la production totale d'un champ et d'une exploitation est souvent difficile à réaliser chez les familles qui ne sont pas habituées à peser, mesurer, écrire et enregistrer régulièrement les récoltes, d'autant plus que ces récoltes sont étalées dans le temps et réalisées par des personnes différentes.

Unités de mesure de la production

Les unités de mesure de la production fermière sont variées dans une même zone, et aussi très variables d'une région à l'autre: bottes, tas, paniers, calebasses, tines, koros, sacs, pièces, régimes, etc. Localement, les gens savent généralement à quoi s'en tenir pour leurs échanges. Par contre, ces mesures de la production sont imprécises lorsqu'on veut faire des comparaisons entre fermes de régions ou de pays différents, et pour comparer les résultats d'un même champ, d'une saison à l'autre.

Des unités de mesure plus précises s'imposent donc dans les transactions plus importantes ou pour des comparaisons qui s'étalent dans le temps. C'est le **SYSTÈME MÉTRIQUE** qui s'est imposé dans les pays francophones, et dans beaucoup d'autres, pour l'homogénéisation des mesures (en particulier le kilo, la tonne et le quintal, dont nous avons parlé plus haut).

Comparer les résultats

L'expression des seuls chiffres de production ne suffit pas pour faire des comparaisons approfondies dans le temps, sur le même champ, ou dans l'espace, entre les champs ou entre des fermes différentes.

Voici par exemple la production de deux fermes (**1079**). La première s'étend sur 1,5 hectare et occupe deux personnes, l'autre, sur 4 hectares, en emploie cinq. **La production des deux fermes est identique mais leur efficacité diffère**. La première ferme est plus intensive que la seconde. On parle de mode de production **INTENSIF** lorsque les facteurs de production rapportent beaucoup de produits et d'argent, alors qu'il est **EXTENSIF** lorsque ces facteurs rapportent peu.

La notion de rendement que nous allons développer ci-après permet de faire toutes sortes de comparaisons sur les plans techniques et économiques.

1079 ***Production totale de 2 fermes***

A Ferme de 1,5 ha avec 2 travailleurs	**B** Ferme de 4 ha avec 5 travailleurs
2 sacs de haricots	2 sacs de haricots
10 sacs d'arachides	10 sacs d'arachides
20 sacs de maïs	20 sacs de maïs
50 ignames	50 ignames
20 paniers d'oranges	20 paniers d'oranges
100 ananas	100 ananas
20 régimes de bananes	20 régimes de bananes
3 paniers de gombos	3 paniers de gombos

La production de la ferme **A** est obtenue avec moins de facteurs de production que la même production dans la ferme **B**. L'exploitation de **A** est plus intensive et efficace que celle de **B**.

Le rendement

L'expression du **RENDEMENT** résulte toujours d'un **calcul**. Elle permet de voir **ce que rapporte une unité de facteur de production**, un are de terre, une journée de travail, un kilo de semences, 1 kilo d'engrais, etc. On dit par exemple que le rendement d'un champ d'arachides en coques est de 35 sacs par hectare, ou que le rendement d'une parcelle d'oignons est de 230 bottes par are. Mais pour faire des comparaisons pertinentes entre exploitations, il faut encore que les sacs et les bottes soient de la même dimension:

- ✎ 35 sacs d'arachides de 30 kg = 1.050 kg, soit un rendement en coques de 1.050 kg par hectare.
- ✎ 230 bottes d'oignons de 1,2 kg chacune, soit 276 kg d'oignons par are.

Si les sacs ou les bottes diffèrent d'une région à l'autre, le kilo, lui, ne varie pas. Il est le même au Mali, au Congo, au Niger, et dans le monde.

Poursuivons notre explication. Si, par exemple, dans une autre zone, les bottes pèsent 1,6 kilo plutôt que 1,2, et que le nombre de bottes produites sur un are est aussi de 230, le rendement est de 368 kilos par are. Quel que soit le poids des bottes et leur nombre, le calcul du rendement en **unités homogènes**, l'are et le kilo, **est nécessaire pour comparer** les résultats.

Mesurer et calculer

Il y a des choses qu'on mesure, d'autres qu'on calcule. La production, la superficie des champs, le nombre de bêtes, se mesurent. Le rendement se calcule. Le tableau **1080** met en évidence ce qui se mesure et ce qui se calcule.

1080 ***Ce qui se mesure et ce qui se calcule***

Ce qui se mesure

- ■ **les facteurs de production**
  - ▼ la superficie d'une parcelle
  - ▼ la superficie totale des terres exploitées
  - ▼ le nombre de travailleurs (hommes, femmes, enfants)
  - ▼ la quantité de graines semées sur une parcelle
  - ▼ la quantité d'engrais appliquée sur une parcelle
  - ▼ les finances investies
- ■ **la production**
  - ▲ les produits destinés à l'autoconsommation ou à la vente
  - ▲ les sous-produits
  - ▲ les fourrages
  - ▲ le bois

Ce qui se calcule

- ✎ le rendement de la terre
- ✎ le rendement d'une journée de travail
- ✎ le rendement de l'engrais
- ✎ le rendement de l'eau
- ✎ le bénéfice des champs et de l'ensemble de l'exploitation, ou son déficit

Si les mesures sont exactes et qu'elles sont correctement exprimées, le calcul des rendements est toujours le même: **on divise la production obtenue par le nombre d'unités de facteur de production investies**. Prenons le cas des rendements de la terre et du travail.

Calculer le rendement de la terre

On divise la quantité de produits obtenus sur une terre par le nombre d'ares ou d'hectares cultivés:

- ✎ j'ai un **champ A** de 0,6 hectare (mesuré), il a produit 750 kg de grains (mesuré), son rendement (calculé) est: 750 kg / 0,6 hectare = 1.250 kg de grains par hectare
- ✎ j'ai un autre **champ B** de 1,5 hectare qui a produit 1.425 kg de grains. Son rendement est: 1.425 kg / 1,5 hectare = 950 kg de grains par hectare.

Nous voyons que la **production** totale du champ **A** est inférieure à celle du champ **B**, mais son **rendement à l'hectare** est plus élevé. L'exploitation de la terre offre de meilleurs résultats dans **A** que dans **B**.

Calculer le rendement du travail

On divise la quantité de produits obtenus sur une terre par le nombre de jours de travail investis sur cette terre:

- ✎ dans le **champ A**, 20 journées de travail ont été dépensées pour produire les 750 kg. Le rendement du travail est donc de 750 kg / 20 jours = 37,5 kg par jour de travail
- ✎ dans le **champ B**, on a utilisé 30 journées. Le rendement du travail est donc de 1.425 kg / 30 jours = 47,5 kg par jour de travail.

Efficacité respective des deux champs?

Résumons les données mesurées et calculées dans un petit tableau (**1081**). Que pouvons-nous tirer de ces chiffres?

- ✎ **La terre a rapporté plus par hectare sur A que sur B**. Il se peut que le sol soit plus fertile, que de l'engrais ait été épandu, que les semences étaient meilleures, que les entretiens aient été mieux faits ou les pluies mieux utilisées, etc. Les techniques utilisées sur **A** sont peut-être à mettre en œuvre sur **B** pour augmenter la production de ce dernier.
- ✎ Chaque **journée de travail rapporte moins sur A que sur B**. Peut-être que le travail y est moins bien organisé, à moins que les outils soient moins performants. La technique de labour est peut-être plus exigeante en travail. Le nombre de sarclages est peut-être supérieur étant donné la vivacité de la végétation. **B** pourra peut-être servir d'exemple à **A** pour une meilleure organisation du travail.

Nous voyons l'intérêt de ces quelques chiffres pour analyser l'efficacité de nos modes de production et les comparer entre eux.

Le rendement des autres facteurs de production

Ce type de calcul peut être fait pour d'autres facteurs de production, par exemple les semences. J'ai semé 20 kilos de graines et j'ai récolté 800 kilos de gousses. Le **rendement des semences** est donc de 40 kilos récoltés pour 1 kilo semé. Au cours d'une autre saison, j'avais aussi semé 20 kilos, mais je n'avais obtenu que 440 kilos de produit. Mon rendement était donc de 22 kilos de gousses par kilo de semences, ce qui est bien moins que dans le premier cas.

L'**argent** est un facteur de production particulier. On peut aussi en calculer le rendement ou la productivité: combien d'argent est-ce que j'obtiens dans mon champ lorsque j'y investis 1.000 francs? Cet aspect mérite d'être développé.

1081 ***Calcul comparatif des rendements***

	Champ A	Champ B
Mesuré		
Production de grains	*750 kg*	*1.425 kg*
Superficie de terre	0,6 ha	1,5 ha
Journées travaillées	20 jours	30 jours
Calculé		
Rendement de la terre	1.250 kg/ha	950 kg/ha
Rendement du travail	37,5 kg/jour	47,5 kg/jour

Le rendement financier

L'argent est un facteur de production différent des autres puisqu'il n'est pas lié au milieu physique dans lequel se déroule l'agriculture. Mais il permet d'attribuer une valeur à chacun des éléments qui interviennent dans l'économie de la ferme. Beaucoup de mots caractérisent l'intervention de l'argent:

- ▲ le **revenu**, la **recette**, le **bénéfice**, le **gain**, le **résultat financier**, les **rentrées**. Tous ces termes indiquent **ce qui entre dans la poche** des cultivateurs, individuellement ou collectivement,
- ▲ les **dépenses**, les **coûts**, les **intrants financiers**, les **sorties,** sont des termes indiquant l'argent **qui sort de la poche** des exploitants pour acheter des facteurs de production.

Ce qui intéresse l'exploitant est que ce qui entre dans les poches familiales soit finalement supérieur à ce qui en est sorti:

- ❒ il y a **BÉNÉFICE** lorsque l'argent entré est supérieur à l'argent sorti,
- ❒ il y a **PERTE** lorsque l'argent sorti est plus grand que celui qui est entré.

On calcule la **RENTABILITÉ** de l'argent en comparant le total des entrées et celui des sorties. Par exemple, si j'ai dépensé 25.000 francs en facteurs de production et que j'ai obtenu 150.000 francs de ma récolte, je puis calculer la rentabilité de deux façons:

- ✎ j'ai multiplié mon argent par 6 puisque

  150.000 / 25.000 = 6

- ✎ ou alors, ma rentabilité est de 600% si je calcule comme suit:

  (150.000 / 25.000) x 100 = 600%

  En d'autres termes, 1% de 25.000 = 250, et 150.000 contient 600 fois ce %.

La rentabilité est positive lorsque les recettes sont supérieures aux dépenses. Elle est négative en cas contraire.

D'autres termes sont aussi utilisés pour caractériser la rentabilité: **rendement**, **productivité** ou parfois retour.

Les comptes de l'exploitation

Dans une exploitation agricole, l'argent entre et sort. Ce qui intéresse le cultivateur et la cultivatrice, c'est le bénéfice qu'ils tirent de leur activité. Avec le surplus, ils peuvent satisfaire aux besoins familiaux: scolarité, habitation, consommations diverses, achat de carburant, déplacements, etc. Mais comment connaître les équilibres entre les entrées et les sorties? Comment savoir si les résultats de l'exploitation sont positifs ou non? Les paragraphes qui suivent répondent en partie à ces questions.

Relevons quelques termes en usage chez les économistes (1082). Certains sont familiers, d'autres moins.

1082 Quelques termes économiques

Souvent, les économistes ne prennent en compte que les éléments financiers comme les coûts, les recettes et les bénéfices. Mais pour caractériser l'exploitation familiale, nous devons aussi penser à toute une gamme d'autres éléments, pas toujours très faciles à quantifier, tels que:

- la **production autoconsommée**. Comme elle n'est pas vendue, on pourrait croire qu'elle n'a pas de valeur monétaire;
- la **production réinvestie** dans l'exploitation. C'est le cas du fourrage qu'on donne au bétail, des déchets organiques qui sont restitués au sol, du bois servant à chauffer les cuisines ou à construire la maison,…;
- la **production de services** utiles à la protection des champs et à la durabilité de l'exploitation: ombrage, protection contre les vents ou l'érosion hydrique, maintien de la fertilité des sols,…

1083 Compte d'exploitation bénéficiaire

	la quantité	le prix unitaire	la valeur totale
La production			
sacs de mil	10	30.000 fr	300.000 fr
sacs de haricots	6	18.000 fr	108.000 fr
paniers de fruits	12	1.200 fr	14.400 fr
		le total des recettes:	*422.400 fr*
Les facteurs de production achetés			
semences			15.000 fr
main-d'œuvre non familiale			45.000 fr
location d'une charrue			12.000 fr
achat de sacs			16.000 fr
achat d'outillage			6.500 fr
		le total des dépenses:	*94.500 fr*
		le bénéfice de l'exploitation:	*327.900 fr*

Première approche d'un compte d'exploitation

Le tableau 1083 présente un **COMPTE D'EXPLOITATION** bénéficiaire. On a noté dans quatre colonnes les données permettant de calculer le bénéfice: il y a la vente des produits pour un montant total de 422.400 francs, et l'achat de facteurs de production pour 94.500 francs. Le bénéfice est donc de 327.900 francs.

Si on s'en tient aux seuls éléments financiers, on peut dire que l'activité sur le champ exploité est **RENTABLE**. L'argent investi en facteurs de production a rapporté 3,47 fois sa valeur (327.900 / 94.500).

Le tableau 1084 est construit de la même façon, mais nous voyons que les recettes des ventes sont inférieures aux dépenses. Le compte d'exploitation est déficitaire et l'activité n'est donc par rentable.

Les calculs des deux tableaux amènent à se poser des questions. En voici quelques-unes:

■ **pour le champ rentable:**

⇨ qu'est-ce qui a permis d'obtenir de bons résultats: la fertilité naturelle de la terre, la qualité des semences, l'utilisation judicieuse d'engrais aux bons moments, les bonnes pratiques agricoles, le faible recours à la main-d'œuvre extérieure?

⇨ le haut rendement ne cache-t-il pas une détérioration de la terre ou d'autres conditions écologiques? Le mode de culture adopté assure-t-il la durabilité des ressources naturelles de l'exploitation?

■ **pour le champ non rentable:**

⇨ qu'est-ce qui explique l'absence de rentabilité: la mauvaise qualité du sol, la mauvaise organisation du travail, des pratiques inadaptées, des modes trop gaspilleurs de la distribution d'engrais, l'appel à beaucoup de main-d'œuvre extérieure, etc.?

⇨ que s'est-il passé sur le plan climatique: des pluies insuffisantes, une mauvaise répartition des pluies au cours de la saison, etc.?

Disons, sur un plan général, que le calcul économique permet de **prendre conscience des réalités positives ou négatives de l'exploitation familiale**.

1084 ***Compte d'exploitation déficitaire***

	la quantité	le prix unitaire	la valeur totale
La production	↓	↓	↓
sacs de mil	5	30.000 fr	150.000 fr
sacs de haricots	2	18.000 fr	36.000 fr
paniers de fruits	3	1.200 fr	3.600 fr
		le total des recettes:	*189.600 fr*
Les facteurs de production achetés			
semences			15.000 fr
main-d'œuvre non familiale			150.000 fr
location d'une charrue			16.000 fr
achat de sacs			16.000 fr
achat d'outillage			19.800 fr
		le total des dépenses:	*216.800 fr*
		la perte d'exploitation:	*- 27.000 fr*

Deuxième approche du compte d'exploitation

Le tableau **1085** présente un compte d'exploitation plus complet. Il chiffre l'ensemble des éléments intervenus, pas seulement les éléments ayant fait l'objet de transactions monétaires. Les produits autoconsommés et les facteurs de production auto-investis ont, eux aussi, été évalués. Nous considérons comme auto-investissements des aménagements fonciers ou des puits réalisés par la main-d'œuvre de l'exploitation familiale, des plantations de haies et d'arbres, la réalisation de clôtures, de fosses fumières, etc. On calcule la valeur des investissements humains familiaux en multipliant le nombre de jours travaillés pour les réaliser par la valeur monétaire correspondant au salaire d'un ouvrier agricole.

L'estimation de la valeur de l'autoconsommation ou des réinvestissements de la famille en monnaie peut être faite elle aussi. On calcule la valeur de l'autoconsommation en multipliant les quantités de produits autoconsommés par les prix auxquels ils auraient été vendus sur le marché.

Cette approche du compte d'exploitation donne une meilleure idée d'ensemble des résultats, même si l'exploitant ne dispose pas dans sa poche des sommes calculées. Elle est plus difficile à réaliser dans le cadre d'une exploitation familiale:

▲ les récoltes, les ventes et la consommation sont **étalées dans le temps**;

▲ elles sont réalisées **par plusieurs membres** de la famille, hommes, femmes, jeunes gens, jeunes filles, qui ne communiquent pas toujours entre eux;

▲ l'**estimation de la valeur** des produits autoconsommés est **très relative**. Comment être assuré de la valeur monétaire d'un produit qui n'a pas vraiment été vendu?

Mais l'alignement de ces chiffres permet encore de se poser des questions:

✔ **qu'est-ce qui rapporte le plus** dans les champs? Il n'est pas rare qu'un seul arbre du champ, un cola-

1085 ***Valeur de la production vendue et autoconsommée d'une ferme et compte d'exploitation***

Les produits	quantité	prix unitaire	valeur totale
Les produits vendus			
sacs de mil	10	30.000 fr	300.000 fr
sacs de haricots	6	18.000 fr	108.000 fr
paniers de fruits	12	1.200 fr	14.400 fr
stères de bois	6	3.000 fr	18.000 fr
bottes de feuilles médicinales	30	300 fr	9.000 fr
bottes de fourrage	30	900 fr	27.000 fr
chèvres	3	22.000 fr	66.000 fr
valeur totale des produits vendus:			*542.400 fr*
Les produits autoconsommés par la famille			
sacs de mil	20	30.000 fr	600.000 fr
sacs de haricots	9	18.000 fr	162.000 fr
sacs de sorgho	10	25.000 fr	250.000 fr
paniers de fruits	30	1.200 fr	36.000 fr
stères de bois	6	3.000 fr	18.000 fr
bottes de feuilles médicinales	30	300 fr	9.000 fr
bottes de fourrage	30	900 fr	27.000 fr
chèvres	3	22.000 fr	66.000 fr
valeur totale des produits autoconsommés:			*1.168.000 fr*
Les facteurs de production			
semences			40.000 fr
main-d'œuvre non familiale			105.000 fr
location de charrues			46.000 fr
achat de sacs			18.000 fr
achat d'outillage			9.500 fr
construction d'un grenier			15.000 fr
engrais minéraux			50.000 fr
plantation de haies vives			60.000 fr
construction de diguettes			165.000 fr
construction d'un puits			23.000 fr
transports			32.000 fr
valeur des facteurs de production:			*563.500 fr*
résultat d'exploitation (bénéfice):			*1.146.900 fr*

tier par exemple, rapporte plus que toutes les autres espèces à la fois;

- ✔ est-ce que j'ai avantage à **élever** des chèvres en plus, ou à **vendre** des fourrages?
- ✔ est-ce que la **rentabilité** sera améliorée si j'augmente ou si je diminue les **dépenses d'investissement**, comme la plantation de haies ou la réalisation d'aménagements fonciers?

L'établissement d'un compte d'exploitation comme celui du tableau **1085** exige une grande discipline dans les notations de récoltes, de ventes, de dépenses en facteurs. Si le fermier ne dispose pas des connaissances nécessaires pour établir ce compte, il peut faire appel à un enquêteur.

Comparaison de comptes d'exploitation

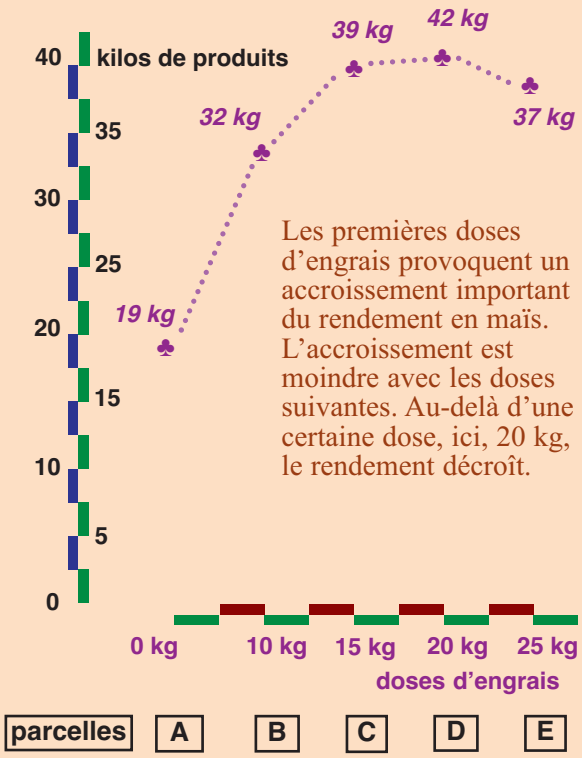
Dans les paragraphes précédents, nous avons parlé d'un compte d'exploitation général, qui prend en compte l'ensemble des produits et des facteurs de production investis. Nous pouvons aussi chercher à savoir **quel est le rendement d'un facteur précis** dans un champ ou dans une filière de production.

Rendement d'un engrais sur un champ de maïs

Prenons l'exemple d'une culture de maïs. On se pose la question de savoir quelle est la dose d'engrais la plus rentable.

Pour le savoir, on va mettre en culture plusieurs parcelles dans les mêmes conditions. Prenons par exemple 5 parcelles d'un are, situées les unes à côté des autres et se présentant de la même façon: sols comparables, pas d'arbres ou de buissons, pas de ruissellement significatif et quantités identiques de semences. Les 5 parcelles

1086 *Évolution du rendement en fonction de la quantité d'engrais appliquée en culture pure*



reçoivent des doses d'engrais différentes. La parcelle **A** n'en reçoit pas.

En fin de cycle, les récoltes sont pesées. On peut établir un graphique (**1086**) qui met en évidence les quantités d'engrais appliquées (axe horizontal) et les quantités de produits récoltés (axe vertical). On constate généralement que les premières doses d'engrais provoquent des accroissements sensibles de production. Les suivantes rapportent moins, et il vient un moment où l'application de doses supplémentaires se fait à perte. Notons que pour avoir des résultats plus certains, on va répéter la même expérience plusieurs fois.

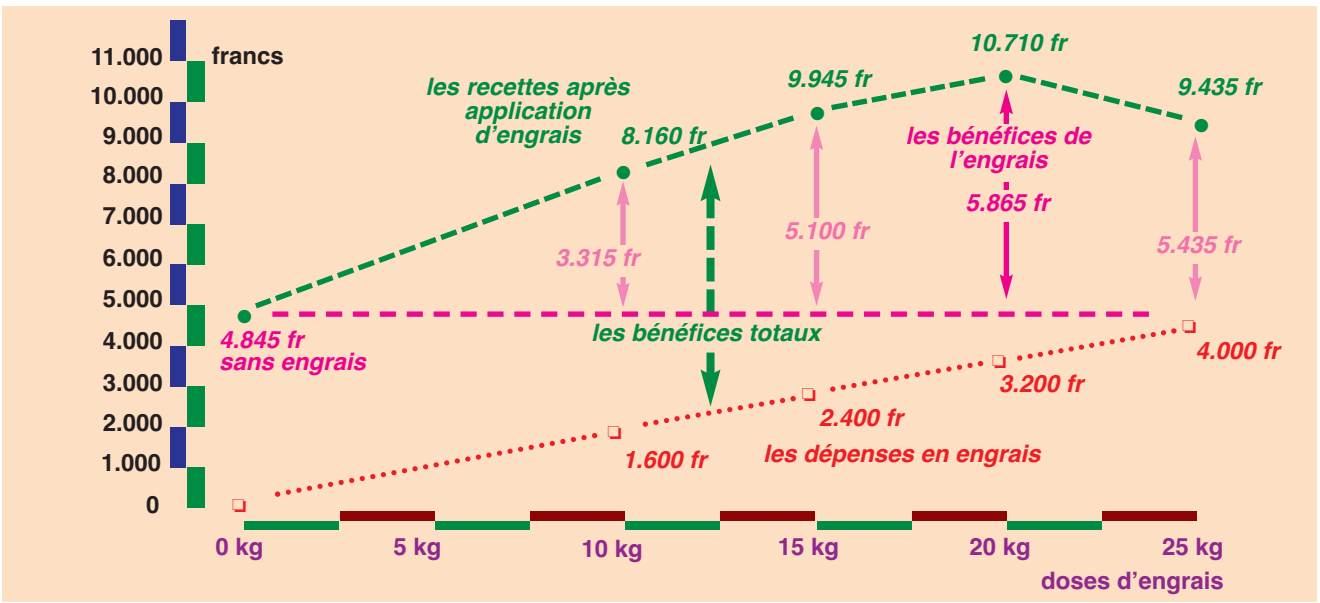
Analysons cela en détail aux tableaux **1087** et **1088**. Nous avons noté les doses dans la **deuxième colonne** du tableau, et la valeur monétaire de ces doses dans la **troisième colonne**, en sachant que le prix d'un kilo d'engrais est de 160 francs. Dans la **quatrième colonne**, nous avons inscrit la production de maïs obtenue.

Nous constatons que la parcelle **A**, sans engrais, a rapporté 19 kilos de produits sur un are. On trouve ce chiffre dans la colonne 4. La parcelle **B** a reçu une dose de 10 kilos d'engrais (**colonne 2**). Sa production a été de 32 kilos par are (**colonne 4**). La dose d'engrais a permis un accroissement de production de 13 kilos (**colonne 5**). Le prix de l'engrais étant de 160 francs le kilo, le coût total de l'application d'engrais sur cette parcelle a été de 1.600 francs (**colonne 3**). Dans la **colonne 6**, nous avons calculé la recette obtenue par la vente du maïs.

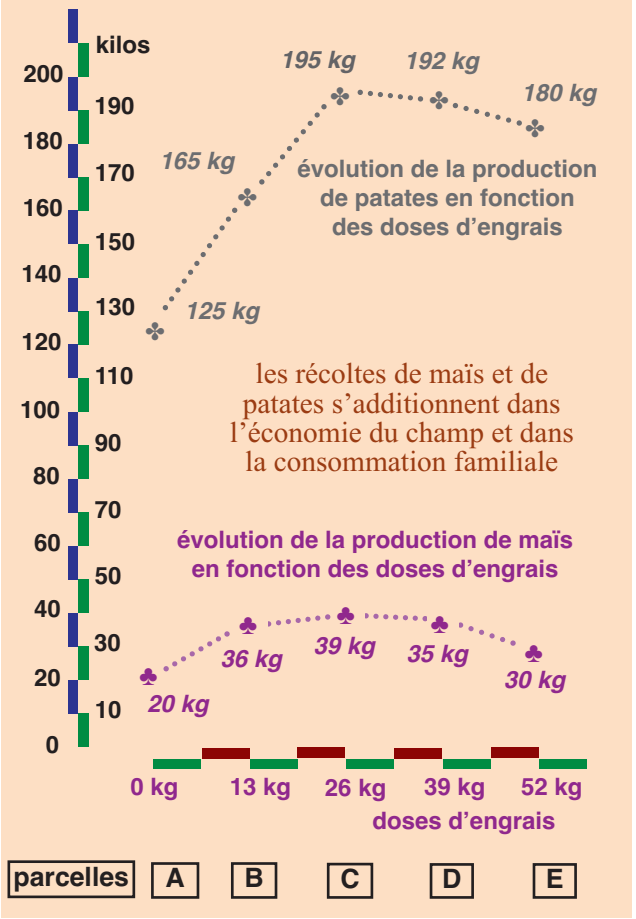
1087 *Rendement de l'engrais sur 5 parcelles de maïs d'un are chacune*

	kilos d'engrais	dépense totale pour l'engrais (prix de l'engrais: 160 fr/kg)	production de maïs en kilos par are	production marginale: kilos de produits en plus ou en moins	valeur de la production totale (prix du maïs: 255 fr/kg)	bénéfice total	bénéfice marginal ou perte marginale
parcelle A	0 kg	0 fr	19 kg		4.845 fr	4.845 fr	
parcelle B	10 kg	1.600 fr	32 kg	13 kg	8.160 fr	6.560 fr	*1.715 fr*
parcelle C	15 kg	2.400 fr	39 kg	7 kg	9.945 fr	7.545 fr	*985 fr*
seuil de rentabilité							
parcelle D	20 kg	3.200 fr	42 kg	3 kg	10.710 fr	7.510 fr	*- 35 fr*
parcelle E	25 kg	4.000 fr	37 kg	-5 kg	9.435 fr	5.435 fr	*- 2.075 fr*
	1	2	3	4	5	6	7	8

1088 Résultats et rendements de l'engrais sur 5 parcelles d'un are



1089 Évolution des rendements de parcelles en culture associée



Dans la **colonne 7**, on a calculé le bénéfice total réalisé, en déduisant les dépenses d'engrais épandus sur la parcelle **B** (**colonne 3**) des recettes obtenues (**colonne 6**).

Nous pouvons faire les mêmes calculs pour chacune des parcelles suivantes.

La **colonne 8** nous indique la différence de bénéfice obtenue lorsqu'on ajoute des doses d'engrais supplémentaires de 5 kg. Cela s'appelle le **BÉNÉFICE MARGINAL** s'il y a bénéfice, ou la **PERTE MARGINALE** s'il y a perte.

Nous avons indiqué ce qui entre dans la caisse en vert, et ce qui sort de la caisse en rouge.

Champ de maïs et de patates associés

Le graphique **1089** présente le même exemple d'expérience pour une pratique de culture en association de maïs et de patates douces. Nous en retiendrons les explications plutôt que les chiffres eux-mêmes, et, comme dans le cas précédent, nous relevons la nécessité de répéter plusieurs fois la même expérience, dans des conditions de culture identiques.

Le tableau **1090** procède au même type de calculs que ceux du **1087**. La parcelle **A** ne reçoit pas d'engrais. Les autres parcelles en reçoivent, et la **colonne 3** indique les doses successivement appliquées. Nous constatons que la première dose de 13 kilos d'engrais a permis un accroissement important de production, puisqu'on est passé d'une valeur de 9.475 francs à 14.955 francs (**colonne 6**). Si on décompte la valeur de la dose d'engrais, le bénéfice obtenu passe de 9.475

1090 Rendement de l'engrais sur 5 parcelles d'un are de maïs et de patates associés

	kilos d'engrais	dépense totale pour l'engrais	production en kilos par are	valeur de la production totale	bénéfice total	bénéfice marginal ou perte marginale
			prix de l'engrais: 160 fr/kg	prix du maïs: 255 fr/kg prix des tubercules: 35 fr/kg		
parcelle A						
maïs			20 kg	5.100 fr		
tubercules			125 kg	4.375 fr		
	0 kg	0 fr		9.475 fr	9.475 fr	
parcelle B						
maïs			36 kg	9.180 fr		
tubercules			165 kg	5.775 fr		
	13 kg	2.080 fr		14.955 fr	12.875 fr	3.400 fr
parcelle C						
maïs			39 kg	9.945 fr		
tubercules			195 kg	6.825 fr		
	26 kg	4.160 fr		16.770 fr	12.610 fr	- 265 fr
parcelle D						
maïs			35 kg	8.925 fr		
tubercules			192 kg	6.720 fr		
	39 kg	6.240 fr		15.645 fr	9.405 fr	- 3.205 fr
parcelle E						
maïs			30 kg	7.650 fr		
tubercules			180 kg	6.300 fr		
	52 kg	8.320 fr		13.950 fr	5.630 fr	- 3775 fr
	1	2	3	4	5	6	7	8

seuil de rentabilité

à 12.875 francs (**colonne 7**), soit un bénéfice marginal, pour la première dose de 13 kilos d'engrais, de 3.400 francs (**colonne 8**).

Si nous ajoutons encore une dose de 13 kilos d'engrais, la valeur de la production totale augmente de 14.995 à 16.770 francs (**colonne 6**). Mais si nous déduisons la valeur de l'engrais, nous voyons que le bénéfice total n'a pas augmenté. Il a même baissé de 265 francs (**colonne 8**). Passer de 13 à 26 kilos d'engrais ne sert donc à rien. L'accroissement de dépense que nous pouvons voir à la **colonne 4**, soit 2.080 francs correspondant à la valeur de la dose supplémentaire de 13 kilos, n'est pas compensé par un bénéfice suffisant. Cette dose n'est donc pas rentable. Si on ajoute encore d'autres doses, elles sont appliquées en pure perte. On le voit dans les **colonnes 7** et **8**.

La **ligne rouge** du tableau indique le **seuil de rentabilité de l'engrais**.

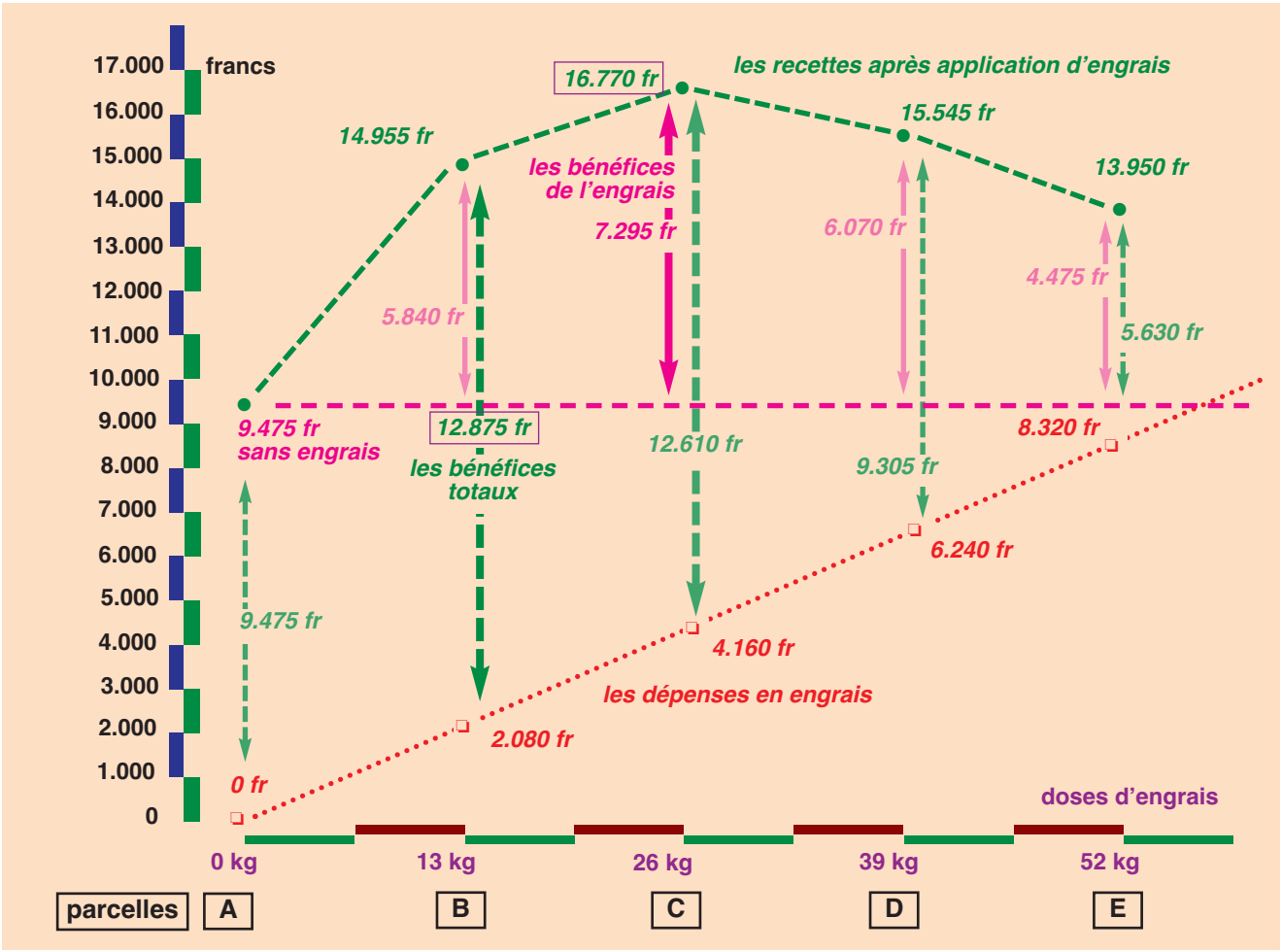
Le tableau **1089** reprend les données de **1090** sous forme de graphique.

Loi des rendements décroissants

En conclusion des tableaux **1086** à **1091**, nous faisons le constat suivant:

- la production des parcelles augmente lorsqu'on leur applique des doses d'engrais, **jusqu'à un certain niveau**, puis elle se met à diminuer;
- **les bénéfices augmentent moins vite que la production**, car il faut déduire de la valeur de celle-ci les dépenses en facteurs;
- dans le cas des tableaux **1085** et **1086**, on constate que la **dose optimale** de facteurs est celle qui assure le plus haut bénéfice, soit 12.875 fr. Elle n'est pas celle qui assure la plus grande valeur de production qui est de 16.770 fr.

1091 ***Bénéfices de l'engrais sur 5 parcelles d'un are de cultures de maïs et de patates en association. Représentation graphique***



■ il y a lieu d'**arrêter l'application** de doses supplémentaires **dès que le bénéfice marginal est nul**.

Ce que nous venons d'expliquer est appelé par les économistes agricoles, **LOI DES RENDEMENTS DÉCROISSANTS**, dite aussi **loi des rendements non proportionnels**. Elle indique que, lorsqu'on ajoute sur une même superficie de terre des doses de plus en plus élevées d'intrants, les accroissements de production qu'on obtient ne sont pas proportionnels à l'accroissement des doses, et qu'il vient un moment où les accroissements de doses peuvent provoquer des diminutions de production. Cela s'explique pour plusieurs raisons. Sur le plan biologique, par exemple: une plante gavée d'engrais chimique finit par être empoisonnée, une plante sur-arrosée finira par souffrir d'asphyxie racinaire. Si nous prenons les dépenses liées à la mécanisation, on peut les accroître en utilisant plus de machines et de carburants, mais au-delà d'un certain seuil, les dépenses complémentaires ne seront plus compensées par des accroissements de production. Il se peut que la structure du sol soit détruite par le passage trop fréquent des engins, ou simplement qu'un travail plus intensif du sol n'apporte rien au développement des plantes.

Quels sont les rendements de nos cultures? Sont-ils élevés ou bas? Combien rapportent les cultures? Comment procéder à des expérimentations efficaces? Comment vérifier si nos modes d'exploitation agricole et nos pratiques sont efficaces?



Chapitre 42
Les rendements alimentaires

Nous avons parlé des comptes d'exploitation et du calcul économique en termes monétaires. Mais nous devons aussi nous intéresser à d'autres aspects de la productivité. Nous pouvons par exemple nous interroger sur la quantité de protéines produites dans un champ, puisque les protéines sont essentielles à l'alimentation, ou à la quantité de lipides (graisses).

Avant de calculer les rendements alimentaires des cultures, intéressons-nous aux caractéristiques nutritives des produits.

La valeur des aliments

Par expérience, nous savons que pour être bien nourris, nous avons besoin de diversifier notre alimentation. Un bon repas est celui qui mélange plusieurs sortes d'aliments. Voici le *to* burkinabé et ses compléments (**1092**). Ce repas complet contient:

- ❑ la boule de mil,
- ❑ une sauce contenant de la viande de poulet, de l'huile, de la purée de tomate,
- ❑ un plat de *soumbala*: c'est une préparation faite avec des graines de néré et du gombo,
- ❑ du sel.

Prenons aussi le cas du *n'dolé* au Cameroun. C'est un plat qui contient des feuilles, des oignons, de l'huile, des crevettes, du poisson et du sel. Ce plat est servi en même temps que des tubercules (macabo, manioc, patate douce,…) ou des bananes plantain cuites.

Qu'est-ce qui fait la différence entre les aliments?

Les aliments sont composés de plusieurs substances qui ont chacune un rôle à jouer dans l'alimentation de l'homme et des animaux. Certaines servent à la fabrication des muscles et des viscères, on les appelle **PROTÉINES**. D'autres fournissent surtout de l'énergie, ce sont les **sucres,** ou l'**amidon**, qu'on appelle aussi **GLUCIDES**, ainsi que les **huiles**, ou **graisses**, qu'on appelle **LIPIDES**. D'autres encore servent principalement à construire les os ou à assurer la santé: ce sont les **SELS MINÉRAUX** et les **VITAMINES**. Enfin, il y a l'**eau** qui est présente dans tous les aliments en plus ou moins grande quantité.

Ces substances sont transformées dans le corps en dégageant de l'énergie. Celle-ci est quantifiée par les chimistes en nombre de **CALORIES** par unité de poids.

Par unité de poids, 100 grammes par exemple, les glucides et les lipides consommés sous forme de farines ou d'huiles fournissent immédiatement au corps une grande quantité de calories. Les protéines mettent plus longtemps à émettre leur énergie. Les sels minéraux et les vitamines ont d'autres fonctions alimentaires que celle de produire de l'énergie.

Pour vivre en bonne santé, l'homme doit trouver dans son assiette une variété équilibrée d'éléments. C'est pourquoi il apprécie les sauces, les légumes, la viande, les épices, qui complètent son plat de féculents. Le tableau **1093** relève un certain nombre de produits alimentaires. Ils sont regroupés d'une façon "familière" plutôt que scientifique, en fonction de ce qu'ils apportent sur le plan nutritionnel. De nombreuses espèces offrent des produits diversifiés. Les tubercules de manioc offrent des féculents, alors que les feuilles sont un légume riche en protéines et en vitamines. Les feuilles de haricots sont souvent consommées comme légume, alors que les graines apportent des protéines. La graine de soja apporte des protéines et de l'huile, on peut en extraire un lait, en consommer les germes. Les feuilles sont d'excellents fourrages.



La diversité des aliments et des recettes évitant les cuissons excessives est à la base d'une bonne santé.

1093 Les produits alimentaires

Les céréales

Dans cette catégorie, on trouve le mil, le sorgho, le maïs, le fonio, l'éleusine, le riz, le froment, le tef, etc. Il s'agit principalement d'espèces de la famille des graminées qui sont des plantes monocotylédones.

Les graines céréalières contiennent peu d'eau. Elles sont riches en amidon et contiennent aux alentours de 8 ou 10% de protéines, lorsqu'elles sont bien sèches (pour plus de précision, il faut consulter les tables alimentaires). Des minéraux et parfois des vitamines sont contenus principalement dans la fine peau qui entoure les grains. Une farine préparée à partir de grains non entièrement épluchés est toujours plus intéressante du point de vue de la santé. Beaucoup de céréales peuvent fournir une certaine quantité de lipides. La plus connue est le maïs.

Les produits féculents

Lorsqu'ils sont séchés, leur chair contient une forte proportion de glucides, sous forme de farine. Le manioc, le macabo, le taro, l'igname, la patate douce, la pomme de terre et d'autres plantes dont on mange les tubercules, les bananes, douces ou plantain, les fruits de l'arbre à pain et du baobab sont dans ce cas. Ces produits contiennent très peu de protéines et de lipides. A l'homme, ils fournissent essentiellement de l'énergie.

Pour une alimentation complète, un plat de féculents doit donc toujours être associé à un plat d'aliments riches en protéines, vitamines et minéraux.

Les fruits et légumes

Les fruits et légumes contiennent en général beaucoup d'eau. Ils sont importants, car ils apportent les sels minéraux et les vitamines qui aident le corps à **mieux se défendre contre les maladies**. Lorsqu'ils sont ajoutés aux plats d'aliments féculents, de céréales ou autres, ils en améliorent la qualité, surtout lorsqu'ils sont consommés crus.

Parmi les fruits, nous pouvons citer la mangue, le citron, l'orange, le pamplemousse, la papaye, le corossol, l'ananas, le fruit de la passion, la barbadine, la tomate, la courge, le jujube, le karité, les mombins, la prune du Pérou, les détars, les anones, la goyave, la pomme cajou, etc. Certains sont consommés crus, d'autres sont cuits pour la préparation des sauces.

Parmi les légumes, il y a ceux dont on prépare les feuilles ou les fleurs, comme les feuilles de manioc, de macabo, de *n'dolé*, de laitue, de baobab, du vernonia, ou d'autres comme les oignons, les choux, les choux palmistes, le gombo,… Citons encore la carotte, l'ail, le gingembre, la baselle, la corète, les morelles, le néverdié, l'oseille, les aubergines, etc.

Il n'est pas possible ici de citer tous les fruits et légumes entrant dans l'alimentation humaine.

Les graines

De très nombreuses graines non céréalières et des noix, provenant d'espèces dicotylédones, sont consommées par l'homme. Elles se caractérisent par de hautes teneurs en protéines (autour de 20 à 30% de leur matière sèche). On pense à toute la gamme des graines **protéagineuses** de légumineuses telles que les haricots, les doliques, le niébé, les pois verts ou le pois cajan, l'arachide, le voandzou, la lentille, les vigna, pois mascate, pois mungo, soja. Mais il y en a d'autres qui ne font pas partie de la famille des légumineuses. Pensons aux graines de l'anacardier, du néré, du moringa, de la courge, du ricin, du sésame, du boungou, du tournesol, des noyers, du faux muscadier, du cocotier, du colatier, du tamarinier, etc.

Parmi ces graines, il y en a qui contiennent, outre les protéines, une forte proportion de lipides. Citons la noix palmiste, le cocotier, le ricin, le coton, la noix cajou, l'arachide, le karité, le sésame, le tournesol, le soja, le carthame, le cacao, etc. Toutes les graines de ces espèces sont dites **oléagineuses**.

suite →

1093 *(suite)*

Les produits divers

Les **condiments** et les **épices** servent principalement à donner du goût aux aliments: piment, gingembre, basilic, poivre,… font partie de cette famille d'aliments.

D'autres produits servent à fabriquer des **boissons**, comme le thé, le café, la citronnelle, le cacao, le tamarinier.

Il y a aussi la multitude des plantes utiles dans les **médications**.

N'oublions pas d'autres produits alimentaires d'origine végétale, comme les champignons, les algues,…

Les aliments d'origine animale

Les produits d'origine animale sont riches en protéines et en graisses. C'est pourquoi ils complètent les aliments de base fournis par les plantes.

Parmi ces aliments, nous comptons la viande, le poisson, les œufs, le lait, le fromage, les insectes, les vers, les escargots, les crevettes, les grenouilles, les serpents, les coquillages, etc…

Les produits d'origine animale sont très utiles à la **construction du corps**, surtout pour les jeunes enfants. De petites quantités suffisent pour la santé.

Remarque: la présentation de ce tableau est liée à l'approche des rendements alimentaires que nous allons expliquer dans les lignes qui suivent. Il ne s'agit pas d'une classification à caractère scientifique.

Les tables alimentaires

Les scientifiques spécialisés dans la composition des aliments ont établi des **TABLES DE COMPOSITION ALIMENTAIRE**. Ces tables indiquent pour chaque produit la proportion d'eau, de protéines, de glucides, de lipides, de sels minéraux, de vitamines,… qu'il contient.

Le tableau **1094** montre comment se présentent les tables alimentaires. La composition de quelques produits tels qu'ils sont récoltés y est relevée. On trouve en annexe une table plus complète. Les chiffres sont toujours des estimations.

La **MATIÈRE SÈCHE** est ce qui reste de matière lorsqu'on a éliminé par séchage intensif toute l'eau contenue dans le produit. On peut aussi parler de % de matière sèche par rapport à la matière humide.

1094 ***Table de composition alimentaire*** *(extrait de l'annexe)*

produit	eau	matière sèche	protéines	lipides	Calories
manioc frais	60,1 %	39,9 %	2,9 %	0,8 %	1.530
goyave fraîche	80,0 %	20,0 %	1,0 %	0,4 %	580
grains de mil	11,0 %	89,0 %	11,8 %	5,1 %	3.630
grains de maïs	12,7 %	87,3 %	10,6 %	4,6 %	3.630
grains de néré	10,0 %	10,0 %	26,0 %	10,0 %	3.800
noix de cola	12,0 %	88,0 %	9,0 %	2,0 %	3.500
noix palmiste	8,8 %	91,2 %	8,9 %	50,4 %	4.331

Munis de ces quelques éléments, essayons de calculer des rendements alimentaires.

Les rendements alimentaires

Calcul des rendements alimentaires

Le calcul du rendement en protéines, lipides ou calories, permet de faire des comparaisons utiles lorsque l'exploitation des champs vise spécifiquement à nourrir la famille. Le calcul sera comparable à celui du rendement financier, sauf qu'au lieu du prix du produit, on utilisera la teneur en protéines, lipides ou calories.

A titre d'exemple, comparons trois parcelles d'un are comprenant l'une du maïs, l'autre de l'arachide, et la troisième du manioc (**1096**).

Parcelle de maïs

✎ Supposons que, sur un are, nous ayons produit 30 kilos de **maïs** dont le prix est de 255 francs le kilo. La recette financière est de:

30 kg x 255 fr / kg =
7.650 francs par are

✎ En estimant dans les tables que la proportion de protéines dans les grains est de 10,6%, nous pouvons calculer le rendement en protéines de la façon suivante:

30 kg x 10,6% = **3,18 kg de protéines par are**

✎ De même, nous calculons la quantité de lipides en tenant compte d'une teneur de 4,6%:

30 kg x 4,6% = **1,38 kg de lipides par are**

✎ Et enfin, avec 3.630 calories alimentaires par kilo, nous calculons:

30 kg x 3.630 = **108.900 calories par are**

Parcelle d'arachide

Si maintenant nous prenons l'**arachide**, les chiffres seront très différents.

✎ Supposons que, sur un are, nous ayons produit 25 kilos d'arachides décortiquées dont le prix est de 300 francs le kilo. La recette financière est de:

25 kg x 300 fr / kg = **7.500 francs par are**

✎ En estimant dans les tables que la proportion de protéines dans les grains est de 27,1%, nous pouvons calculer le rendement en protéines de la façon suivante:

25 kg x 27,1% = **6,77 kg de protéines par are**

✎ De même, nous calculons la quantité de lipides en tenant compte d'une teneur de 51,6%:

25 kg x 51,6% = **12,9 kg de lipides par are**

✎ Et enfin, avec 3.954 calories alimentaires par kilo, nous calculons:

25 kg x 3.954 = **98.850 calories par are**

Parcelle de manioc

Prenons maintenant un are planté de **manioc**.

✏ Supposons que, sur un are, nous ayons produit 150 kilos de tubercules frais dont le prix est de 40 francs le kilo. La recette financière est de:

150 kg x 40 fr / kg = **6.000 francs par are**

✏ En estimant dans les tables que la proportion de protéines dans les grains est de 2,9%, nous pouvons calculer le rendement en protéines de la façon suivante:

150 kg x 2,9% = **4,35 kg de protéines par are**

✏ De même nous calculons la quantité de lipides, en tenant compte d'une teneur de 0,8%:

150 kg x 0,8% = **1,2 kg de lipides par are**

1096 *Rendements par are de 3 parcelles*

	maïs	arachide	manioc
finances	**7.650 fr**	**7.500 fr**	**6.000 fr**
protéines	**3,18 kg**	**6,77 kg**	**4,35 kg**
lipides	**1,38 kg**	**12,9 kg**	**1,2 kg**
Calories	***108.900***	***98.850***	***229.500***

1095 *Quelques principes pour la préparation des aliments*

Si on parle des **recettes culinaires**, on peut mettre en avant quelques conseils liés aux modes de cuisson et de composition:

- ♣ plus grande est la **diversité** de l'alimentation journalière, plus le corps peut y puiser tout ce dont il a besoin,
- ♣ **éviter les disproportions** entre les éléments consommés: en particulier les aliments féculents (boule, couscous, riz) non accompagnés de protéines végétales ou animales,
- ♣ un bon **équilibre** de l'alimentation est obtenu par la consommation d'aliments **crus** (fruits et légumes en particulier) et **cuits**,
- ♣ l'**excès de cuisson** amoindrit la valeur nutritive des plats: certains composants sont détruits, en particulier les vitamines,
- ♣ l'**excès de graisses et d'huile** amène l'augmentation du poids corporel plus que la force physique et la santé. La surcuisson des huiles et graisses peut engendrer des problèmes de santé. La cuisson à l'eau des aliments est souvent plus intéressante sur le plan alimentaire que la cuisson dans l'huile,
- ♣ l'**excès de sel** dans les aliments consommés peut également entraîner des problèmes de santé, par exemple au niveau du cœur et des artères,
- ♣ préparer les aliments avec de l'**eau saine**.

Une bonne alimentation résulte toujours d'une recherche d'équilibre entre plusieurs sortes de produits ayant des caractéristiques différentes.

Les enfants sont plus sensibles à ces équilibres que les adultes. Leur croissance dépend de la qualité des aliments, et en particulier des fruits et des légumes. Ils sont aussi plus sensibles à la mauvaise qualité de l'eau. Ils sont souvent défavorisés lors des repas sur le plan des apports en légumes, sauces et viande.

Notes

✏ Et enfin, avec 1.530 calories alimentaires par kilo, nous calculons:

150 kg x 1.530 = **229.500 calories par are**

Les chiffres du tableau nous montrent que, pour ce qui est de la finance, c'est le maïs qui vient en premier, quoique l'arachide soit très proche. Pour les protéines et les lipides, c'est l'arachide la plus intéressante, alors que s'il s'agit de l'énergie alimentaire, c'est le manioc qui est le plus productif. Ne généralisons cependant pas, ce tableau est là pour les besoins de l'explication. Les chiffres ne seraient pas les mêmes si les rendements et les prix étaient différents.

Calcul des rendements alimentaires en cultures associées

Les calculs que nous allons faire maintenant concernent soit les cultures en association, soit l'ensemble d'une exploitation. Les principes de calcul sont les mêmes que ceux que nous venons d'appliquer, mais les résultats sont plus complexes.

Prenons l'exemple d'un champ rencontré aux abords du lac Kivu, situé entre la R.D. du Congo et le Rwanda. Il se situe sous un climat équatorial d'altitude. Les pluies sont assez abondantes et généralement bien réparties sur toute l'année.

Cinq espèces occupent significativement le champ: le maïs, le sorgho, le manioc, la patate douce et le haricot.

Dans le tableau **1097**, la deuxième colonne indique les quantités de chacun des produits récoltés au cours de la saison sur un hectare de culture.

En regard des chiffres de production, est indiqué le contenu en protéines, en pour cent (selon les tables alimentaires) et en poids. Au total, le champ a fourni 4.613 kilos de produits contenant 192,7 kilos de protéines, sans tenir compte des produits secondaires comme les feuilles de manioc ou de patates consommées comme légumes, ou les fanes fourragères.

Le tableau indique donc le **rendement protéinique** du champ. Nous pourrions estimer le rendement financier en multipliant les quantités obtenues de chaque produit par son prix estimé.

Comparaison des méthodes culturales

Dans la même région du Kivu, les agronomes ont relevé les rendements par hectare obtenus pour chacun des produits, dans des champs de culture pure, pratiqués dans les conditions traditionnelles. Ces rendements sont indiqués dans la deuxième colonne du tableau **1098**. Comparons ces chiffres à ceux du tableau **1097**. Pour chacun des produits, le rendement quantitatif est supérieur en culture pure à celui obtenu selon la méthode d'association culturale: 1.500 kg de maïs en culture pure contre 86 obtenus dans l'association culturale, ou 1.200 kg de grains de sorgho contre 565 seulement.

Mais regardons les choses de plus près. La quatrième colonne du tableau **1098** indique la production de protéines dans chacun des cinq champs de culture pure. Chacun de ces chiffres peut être comparé aux 192,7 kilos de protéines obtenues dans l'association culturale. La cinquième colonne du tableau nous indique en pourcentage le rendement protéinique des cultures pures par rapport à celui du champ en association. Pour la patate, par exemple, nous avons obtenu 102 kg de protéines en culture pure par hectare, mais l'association culturale nous a fourni 192,7 kilos de protéines sur un autre hectare. Le rendement protéinique de l'hectare de culture pure de patates est donc seulement de 52,9% par rapport à celui de la culture associée, considéré comme 100 %.

1097 ***Produits récoltés dans le champ d'un ha de cultures associées***

produits récoltés	détail des quantités de produits obtenus sur l'hectare de cultures associées	% de protéines	kilos de protéines
maïs en grains secs	86 kg/ha	9,0 %	7,7 kg
sorgho en grains secs	565 kg/ha	10,0 %	56,5 kg
manioc frais	1.157 kg/ha	1,1 %	12,7 kg
patates douces fraîches	2.428 kg/ha	1,2 %	29,1 kg
haricots en graines sèches	377 kg/ha	23,0 %	86,7 kg
total des produits:	**4.613 kg/ha**		**192,7 kg**
1	2	3	4

Les mesures et les calculs que nous avons faits portent chaque fois sur un hectare de culture, pure ou en association. Nous pouvons nous poser la question de savoir quelle superficie de terre est nécessaire pour obtenir, en association culturale, les 192,7 kilos de protéines. Cette fois, nous cultivons séparément les espèces, sur plusieurs petites parcelles de culture pure, de façon à obtenir au total la même composition globale de 4.613 kilos de produits contenant les 192,7 kilos de protéines.

Lisons le tableau **1099**. A supposer que nous voulions obtenir 86 kilos de maïs selon la pratique de culture pure, il nous faudrait 0,06 hectare (4e colonne), et pour obtenir 377 kilos de haricots, il faudrait 0,63 hectare, et ainsi de suite.

Si nous additionnons les superficies nécessaires en cultures pures pour obtenir les 4.613 kilos d'aliments, nous voyons qu'il nous faut 1,55 hectare de terre plutôt qu'un seul en association culturale.

1098 ***Comparaison des rendements protéiniques de 6 ha de culture pure et d'un ha de cultures en association***

rendements comparés en protéines d'un hectare de culture pure par rapport à un hectare de cultures en association

		kilos de protéines contenus dans les produits	% de protéines
A **rendement de chaque hectare des cultures pures**			
maïs en grains	1.500 kg/ha	9,0 %	135,0 kg — *70,0 %*
sorgho en grains	1.200 kg/ha	10,0 %	120,0 kg — *62,3 %*
manioc frais	12.000 kg/ha	1,1 %	132,0 kg — *68,5 %*
patate douce	8.500 kg/ha	1,2 %	102,0 kg — *52,9 %*
haricots secs	600 kg/ha	23,0 %	138,0 kg — *71,6 %*
B **rendement en produits divers de l'hectare de cultures associées**			
	4.613 kg/ha (**1097**)		192,7 kg — *100,0 %*

1099 ***Comparaison des superficies nécessaires en cultures pures et en cultures associées, pour obtenir 4.613 kilos de produits diversifiés***

	quantités de produits composant les 4.613 kg récoltés dans la parcelle d'un hectare de cultures associées	rendement des hectares de cultures pures	superficie de terre nécessaire en cultures pures pour obtenir les 4.613 kilos d'aliments divers
maïs en grains secs	86 kg	1.500 kg	**0,06 ha**
sorgho grains secs	565 kg	1.200 kg	**0,47 ha**
manioc frais	1.157 kg	12.000 kg	**0,10 ha**
patate douce	2.428 kg	8.500 kg	**0,29 ha**
haricots secs	377 kg	600 kg	**0,63 ha**

superficie nécessaire pour produire 4.613 kilos sur plusieurs parcelles de cultures pures: → **1,55 ha**

superficie nécessaire pour produire 4.613 kilos sur une parcelle de cultures associées: → **1,00 ha**

Un néré ou un poulailler?

Dans le livre *"Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique"*, nous avons développé plus à fond la question des rendements alimentaires dans des régions d'Afrique de l'Ouest plus sèches que celles du Kivu.

Au tableau **1100**, on relève la production d'un champ de mil surmonté de six nérés: 700 kilos de mil et 240 kilos de graines de néré. Dans les tables alimentaires, nous avons trouvé les compositions chimiques en protéines, lipides, glucides et cendres, ainsi que la valeur calorique des deux produits.

Reportons-nous à la dernière colonne du tableau qui compare les totaux obtenus lorsque les nérés

1100 Production alimentaire de 2 champs de mil, l'un nu et l'autre contenant des nérés

	A champ de mil d'un hectare 700 kilos de grains		B 6 nérés dans le champ de mil d'un hectare 240 kilos de graines		C production totale de mil et de graines de néré 700 kilos de grains 240 kilos de graines	
⇨ protéines	*11,8 %*	82,6 kg	*35,0 %*	84,0 kg	166,6 kg →	x 2,0
⇨ graisses	*3,0 %*	21,0 kg	*29,0 %*	69,6 kg	90,6 kg →	x 4,3
⇨ glucides	*72,8 %*	509,6 kg	*27,8 %*	66,7 kg	576,3 kg →	x 1,1
⇨ cendres	*2,0 %*	14,0 kg	*9,7 %*	23,3 kg	37,3 kg →	x 2,7
⇨ calories	*3.380/kg*	2.366.000	*4.310/kg*	1.034.400	3.400.400 →	x 1,4

accroissement de production dû aux nérés

sont associés au mil, à ceux de la simple culture du mil. Le rendement en protéines est multiplié par deux, celui des graisses (lipides) par 4,3, et il y a 2,7 fois la quantité de cendres. Les sels qui composent celles-ci ont été prélevées par les nérés dans les couches profondes du sol. La présence des nérés dans le champ accroît donc grandement le rendement alimentaire.

1101 Équivalence alimentaire néré - poulet

	A **40 kg de graines fermentées** de néré, produites par **1 pied**		B **1,5 kg de poulet** déplumé (partie comestible)		
⇨ protéines	*35,0 %*	14,0 kg	*20,2%*	0,30 kg →	46,6
⇨ graisses	*29,0 %*	11,6 kg	*12,6 %*	0,19 kg →	61,0
⇨ cendres	*9,7 %*	3,9 kg	*1,0 %*	0,015 kg →	260,0
⇨ eau	*11,5 %*	4,6 kg	*66,0%*	1,0 kg →	-
⇨ calories	*4.310/kg*	172.400	*2.000/kg*	3.000 →	57,5

nombre de poulets nécessaires pour obtenir les mêmes valeurs alimentaires qu'avec 40 kg de graines de néré fermentées

Exemple: il faut 46,6 poulets de 1,5 kg pour obtenir la même quantité de protéines qu'avec 40 kilos de graines fermentées.

Le livre cité explique aussi que si, au champ de mil surmonté de 6 nérés, on ajoute du niébé et 4 baobabs (soit au total, 10 arbres dans l'hectare), le rendement en protéines est encore largement accru (**1102**). Le champ multiétagé comportant 4 espèces (2 herbacées et 2 arborées) apporte 2,9 fois plus de protéines que le mil seul et 2,2 fois plus de calories alimentaires.

1102 Rendements relatifs de trois champs en calories et en protéines

	apport calorique	apport protéiique
♣ champ de mil pur monoétagé (témoin)	1,0	1,0
♣ champ biétagé: mil + 6 nérés / ha	1,4	2,0
♣ champ multiétagé: mil + niébé + 6 nérés + 4 baobabs	2,2	2,9

Il poursuit en comparant l'apport protéinique d'un poulet et celui des graines de néré (**1101**). Il montre que 40 kilos de graines de néré offrent autant de protéines alimentaires que 46,6 poulets, autant de graisses que 61 poulets et autant de cendres que 260 poulets.

Qu'il s'agisse des champs du Kivu ou d'Afrique de l'Ouest, nous constatons que l'approche des rendements par le biais de la composition qualitative des aliments amène des conclusions différentes que celles qu'on tire au seul regard des rendements financiers.

1103 ***Rendements en poids, en protéines et en argent de 3 champs d'un are***

	rendement de l'are	% de protéines	kilos de protéines contenus dans les produits	prix du kg	revenu monétaire
champ de maïs pur	29 kg	9,0 %	2,6 kg	280 fr	*8.120 fr*
champ de niébé pur	10 kg	24,0 %	2,4 kg	450 fr	*4.500 fr*
maïs et niébé complantés					
dont le maïs	49 kg	9,0 %	4,4 kg	280 fr	*13.720 fr*
dont le niébé	7 kg	24,0 %	1,7 kg	450 fr	*3.150 fr*
			6,1 kg		*16.870 fr*

rapport cultures en association-culture pure: *1,22 en protéines* *1,34 en argent*

1 2 3 4 5 6

Les légumineuses et les rendements alimentaires

Nous avons vu précédemment le rôle joué par les légumineuses dans l'agriculture tropicale. Ce rôle est dû principalement à deux particularités:

- l'**activité symbiotique** de fixation de l'azote de l'air,
- la **richesse** des graines de légumineuses **en protéines** alimentaires.

Lorsqu'on gère bien les légumineuses herbacées et arborées dans les champs céréaliers, il est possible d'accroître sensiblement l'efficacité des espèces complantées. Prenons deux exemples: celui de la complantation de haricots avec des céréales telles que le mil, le sorgho ou le maïs d'une part, celui de l'*Acacia albida* dominant un champ céréalier d'autre part.

Association maïs-niébé

Comparons les résultats de trois champs. L'un contient uniquement le maïs, l'autre le haricot niébé, le troisième est cultivé en complantation de maïs et de niébé. Nous indiquons dans le tableau **1103** les rendements monétaire et protéinique, comme nous l'avons fait dans les tableaux précédents. Nous remarquons ce qui suit:

- ❒ le maïs a largement profité de la présence du niébé (**1104**). Par contre, le niébé, lui, semé à la même densité qu'en culture pure, a produit un peu moins sous le maïs (7 kg au lieu de 10);
- ❒ si nous additionnons les protéines obtenues dans les deux parcelles de culture pure, nous en trouvons 5 kilos (2,6 + 2,4). Par contre, le rendement protéinique est de 6,1 kilos par are dans le champ en association. La pratique de l'association culturale a donc permis de multiplier la production de protéines par 1,22;
- ❒ nous pouvons faire un calcul monétaire, aux prix du marché local (colonnes 5 et 6). Dans le cas présent, le


1104

Le maïs profite largement de la présence du niébé

revenu monétaire a été multiplié par 1,34 lorsqu'on a pratiqué la complantation.

Avec d'autres prix des produits, le revenu monétaire aurait été différent des 16.870 francs indiqués, mais, sauf chute extraordinaire des prix de l'un ou de l'autre, on notera toujours un accroissement de revenu pour la pratique de complantation entre le maïs et le niébé.

Plus que les chiffres eux-mêmes, c'est la méthode de calcul qu'il est important de comprendre ici. Elle nous permet en effet de faire des choix quant aux modes de production à mettre en œuvre. En particulier, ces chiffres nous montrent que l'intensification de la production ne passe pas uniquement par les techniques monoculturales.

Le mil associé à l'*Acacia albida*

Nous avons parlé plus haut de cette association d'espèces que l'on rencontre dans diverses régions d'Afrique de l'Ouest.

La présence de l'*Acacia albida* (appelé gao, kad, balanzan, etc., en Afrique de l'Ouest) a toujours des effets positifs sur les rendements du mil ou du sorgho. On le constate par exemple sur la photo **1105**.

A Bambey, au Sénégal, des chercheurs ont tenté de mesurer l'influence de l'arbre sur le rendement des champs. Le tableau **1106** indique quels ont été les rendements globaux et protéiniques.

Constatons que le rendement global du mil sous les acacias est 2,6 fois plus élevé que celui du champ sans arbres. Quant à la production de protéines, elle est 3,4 fois plus élevée. Ajoutons que l'acacia produit des gousses fourragères en saison sèche.

On peut expliquer la **différence dans les rendements** de plusieurs manières:

- ⇨ l'acacia exploite les **couches profondes** du sol et ramène les minéraux en surface. Puisque l'arbre végète en saison sèche, les feuilles retombent sur le sol arable en début de saison pluvieuse et sont minéralisées au bénéfice des racines;
- ⇨ l'acacia est une légumineuse, il est capable, en conditions favorables, de produire des **nodosités fixatrices d'azote**;
- ⇨ la présence des gousses d'acacia **attire le bétail** durant la saison sèche. Les animaux enrichissent le sol de leurs excréments;
- ⇨ la richesse du sol en azote, sous les arbres, **favorise la synthèse des protéines chez les céréales**, qui gagnent donc en qualité.

Les chercheurs ont poursuivi leurs travaux par des analyses de sol. Ils ont remarqué qu'à l'intérieur des assiettes racinaires des arbres, l'accroissement en éléments minéraux était considérable par rapport aux sols non arborés. Rappelons-nous le tableau **866** qui décrivait ce point.

Cette capacité d'échanges ioniques accrue favorise la teneur en minéraux des grains de mil qui passe de 150 à 180% de ce qu'elle est en dehors de la présence des arbres. La conclusion des chercheurs était qu'il n'aurait jamais été possible de financer rentablement la quantité d'engrais organiques et minéraux équivalant à ce que rapportait, au sol et aux cultures, la présence des acacias.

Cet exemple montre que **le calcul de rentabilité dans les exploitations familiales ne peut se contenter d'une simple vue partielle des éléments.** De nombreux facteurs entrent en ligne de compte, même si certains sont difficilement quantifiables:

- le rendement **total** de la terre et des autres facteurs de production,
- le rendement en **protéines, lipides** et **glucides**,
- la **qualité** des produits et en particulier leur richesse en **minéraux**,
- la **production fertilitaire**,
- la **capacité du sol à échanger** des ions nutritifs.


1105

Association du sorgho et de l'Acacia albida

1106 ***Rendements comparatifs du mil avec ou sans Acacia albida, à Bambey, au Sénégal***

	rendement en mil ↓	quantité de protéines ↓
hectare sans acacia	660 kg	52 kg
hectare avec 60 acacias	1.700 kg	179 kg
accroissement	**x 2,6**	**x 3,4**

Charreau C et Vidal C.

L'étude et la mise en œuvre de synergies telles que nous venons d'en rencontrer sont des pistes essentielles pour le développement futur des exploitations familiales en Afrique.

Le calcul économique: une méthode pour décider

Les chiffres que nous avons traités dans les pages précédentes sont de simples exemples. Ce qu'on peut en retenir, c'est la méthode qui permet d'orienter les décisions relatives à l'organisation des champs. Ces décisions diffèrent selon les objectifs poursuivis par la famille, les facteurs de production dont elle dispose, ainsi que les limites qu'elle rencontre. A ce sujet, nous pouvons retourner au chapitre 4.

Les pistes que nous relevons pour orienter ces choix sont les suivantes:

- voulons-nous **comparer des actions différentes** au sein de l'exploitation? Par exemple, comparer ce qu'on obtient avec différents engrais chimiques ou organiques, comparer des aménagements du sol ou des méthodes de labour? Voir comment dépasser les limites imposées par certains facteurs de production limitants, par exemple, l'insuffisance de finances, d'intrants, d'eau, de main-d'œuvre? Comparons alors les rendements physiques de la terre ou des autres facteurs. Analysons le rendement marginal des facteurs ajoutés en doses croissantes;
- voulons-nous une **agriculture qui nourrit la famille** quantitativement et qualitativement? Dans ce cas, ce sont les rendements alimentaires qui seront les plus utiles;
- voulons-nous développer les **revenus monétaires**? C'est alors la productivité financière qui nous intéresse;
- voulons-nous combiner des **objectifs alimentaires et monétaires** propres à chaque membre de la famille? Faisons alors des mesures et des calculs spécifiques à ces membres: hommes, femmes, jeunes gens, jeunes filles;
- les **objectifs de l'élevage** nous intéressent-ils? Analysons ce que nous rapportent, sur le plan fourrager, les résidus des récoltes ou des sous-produits tels que les tourteaux, les sons, etc.;
- la **protection des ressources du terroir** nous intéresse? Comparons les différents modes de production les plus efficaces sur le plan des rendements, en vue de voir ceux qui assurent au mieux cette protection et qui servent au mieux la fertilité des sols, la lutte contre l'érosion, le contexte parasitaire.

Quelles sont les qualités alimentaires des produits que nous trouvons dans nos exploitations familiales et dans nos préparations alimentaires? Quelles sont les compositions de ces aliments en protéines, lipides et glucides? Quelles sont les espèces intéressantes qui sont disponibles dans notre milieu, pour améliorer la production et la composition des repas familiaux? Quelles sont les espèces qu'il est utile d'associer aux cultures pour accroître les productions fourragères?

Notes

Tables alimentaires

Table de composition des aliments (1)

nom français	nom latin	produit	% MS sur MR	Cal/ kg MR	protéines % MR	lipides % MR
Ail	*Allium sativum*	frais	15,0	520	2,0	
Amandier	*Prunus amygdalus*	graines	95,0	6570	20,0	59,0
Anacarde	*Anacardium occidentale*	noix cajou	93,1	5900	21,4	46,5
Ananas	*Ananas comosus*	fruits frais	15,0	570	0,4	
Arachide	*Arachis hypogea*	décortiquée	94,1	3954	27,1	51,6
		non décortiquée	93,2	3013	23,2	38,6
		graines	94,0	5710	27,0	45,0
		pailles	91,6	942	10,8	1,8
Arbre à pain	*Artocarpus communis*	fruits		460	0,6	
		pulpe	30,0	1130	1,5	0,4
Arbre à pain du Sénégal						
	Treculia africana	graines		4230	12,8	16,1
Aubergine	*Solanum melongena*	frais	7,0	220	1,0	
Avocat	*Persea americana*	pulpe	25,0	1650	1,5	15,0
		fruits frais		660 à 1570	0,9 à 1,3	
Balanites	*Balanites aegyptiaca*	fruits frais	68,5		11,2	1,8
		fruits secs	89,1		9,6	5,7
		amandes sèches		560	23,0	
Balisier	*Canna edulis*	tubercules frais	29,4	1883	3,5	0,5
Bambou	*Bambussa sp.*	pousses fraîches	10,0	350	2,3	0,2
Bananier	*Musa sapientium*	fruits frais entiers	18,2	710	0,8	1,6
		fruits frais épluchés	30,0	1160	1,0	0,3
		troncs	10,0		1,5	0,7
		feuilles	18,5	1318	10,6	4,6
Baobab	*Adansonia digitata*	pulpe sèche	85,5		2,5	0,8
		graines entières	90,1		13,7	12,1
		graines		4500	35,2	29,2
		feuilles sèches		280	12,8	
Blé	*Triticum spp.*	pailles	87,4	565	4,3	1,9
Blé dur	*Triticum durum*	grains	86,0	2203	14,7	1,9
Blé tendre	*Triticum sativum*	grains	88,9	3440	13,7	1,9
Bombacopsis	*Bombacopsis glabra*	graines				44,9
Cacao	*Theobroma cacao*	fèves sèches		5170	5,0	
		grains	93,9		17,1	16,5
		fèves sèches				50,0
Canarium	*Canarium schweinfurthii*	noix		2020	4,0	10,8
Canne à sucre	*Saccharum officinarum*	tiges fraîches	18,0	600	1,0	
		feuilles sèches	68,0	753	2,7	1,2
Carotte	*Daucus carota*	tubercules frais	10,0	330	1,0	
Caroube	*Ceratonia siliqua*	fruits entiers	82,3	1695	6,2	1,9
		grains	86,9	1883	17,5	2,3
Champignon		frais	9,0	130	2,5	
Chayotte	*Sechium edule*	fruits frais	8,0	290	0,8	0,1
Chérimollier	*Annona cherimolia*	fruits frais	23,8	840	1,1	0,4
Choux	*Brassica spp.*	frais	7,0	230	1,5	
Citron, pamplemousse, pomelo						
	Citrus spp.	fruits frais	10,0	370	0,5	
Citrouille	*Citrullus lanatus*	fruits	13,2		10,9	10,3
		graines non décort.	90,6		24,0	40,0
		graines décort.	92,6		32,4	51,9
Coix	*Coix lacrima jobi*	grains	88,4	3630	12,8	2,6
Concombre	*Cucumis sativus*	frais	4,0	120	0,6	
Corossol	*Annona muricata*	fruits frais	20,0	780	1,0	0,2
Coton	*Gossypium hirsutum*	graines non délint.	92,7	2260	17,7	21,8
Courge	*Cucurbita spp.*	fraîche	10,0	360	1,0	
Cucurbitacées		graines	96,0	6100	30,0	50,0
Datte	*Phœnix dactylifera*	fruits frais	31,2		4,9	1,2
Détar à petits fruits						
	Detarium microcarpum	fruits		1160	2,0	
Détar sénégalais						
	Detarium senegalense	fruits		3100	4,9	
Dika	*Irvingia gabonensis*	noix	96,0	6970	8,5	67,0
Dolique	*Dolichos lablab*	graines	87,5	1695	27,0	0,9
Eleusine	*Eleusine coracana*	grains	88,8	3360	9,5	1,4
Ficus sycomore						
	Ficus gnaphalocarpa	feuilles fraîches		570	6,1	
Figue	*Ficus carica*	fruits frais	15,0	490	1,3	
Fonio	*Digitaria exilis*	grains	89,2	1619	9,0	3,3
		pailles	95,8		2,1	1,3
Fromager	*Ceiba pentandra*	feuilles fraîches	19,5	650	2,5	
		graines		3910		
Gingembre	*Zingiber officinale*	tubercules frais	18,0	630	2,5	0,8
Gnetum	*Gnetum africanum*	feuilles fraîches	32,7	1060	6,0	
Gombo	*Hibiscus esculentus*	frais	10,0	330	2,0	
Goyave	*Psidium guajava*	fruits frais	20,0	580	1,0	0,4
Grenadille	*Passiflora edulis*	fruits frais	15,0	920	2,3	2,0
Groseillier du Cap						
	Physalis peruviana	fruits frais	15,0	480	2,0	0,5

.../...

abréviations utilisées

MS:	matière sèche	MR:	matière récoltée	Cal:	Calorie
décort.:	décortiquées	délint.:	délintées	ferm.:	fermentées
grain.:	graines	séch.:	séchée(s)		

(1) chiffres provenant de divers auteurs repris dans la bibliographie aux n° (11), (22), (23), (45), (47), (49), (53), (61), (63), (70)

Tables alimentaires (suite)

nom français	nom latin	produit	% MS sur MR	Cal/ kg MR	protéines % MR	lipides % MR
Haricot	*Phaseolus spp.*	fânes vertes séch.	96,4	*1506*	23,1	*4,4*
		fânes séch. / pied	86,0	*942*	8,3	*1,7*
		grains	89,0	*3390*	26,0	*1,2*
Haricot blanc sec		graines	89,7	*2750*	21,0	*1,3*
Haricot vert		frais	10,0	*340*	2,0	
Igname	*Dioscorea sp.*	tubercules frais	29,4	*1040*	5,5	*0,3*
		feuilles vertes	24,1	*1130*	12,0	*2,3*
Jacquier	*Artocarpus integrifolia*	fruits frais	23,0	*640*	1,4	*1,5*
Jujubier	*Zizyphus jujuba*	fruits frais	17,0	*630*	1,8	
		fruits secs		*2860*	4,3	
Kaki	*Diospyros kaki*	fruits frais	20,0	*640*	0,5	*0,1*
Kapok	*Bombax costatum*	graines	89,1		27,2	*26,0*
Karité	*Butyrospermum parkii*	noix sèches	93,0		8,5	*45,0*
Laitue	*Lactuca sativa*	fraîche	6,0	*190*	1,4	
Légumes-feuilles divers		feuilles fraîches	15,0	*480*	5,0	*0,7*
Leucéna	*Leucaena leucocephala*	fruits	89,6	*1883*	25,9	*5,1*
Macabo	*Xanthosoma sp.*	tubercules frais		*1090*	1,7	*0,3*
Maïs	*Zea mays*	grains	87,3	*3630*	10,6	*4,6*
		pailles	85,9	*565*	3,8	*0,8*
Mangoustan	*Garcinia mangostana*	fruits frais		*620*	0,4	*0,1*
Mangue	*Mangifera indica*	pulpe	17,0	*630*	0,5	
Manioc	*Manihot utilissima*	tubercules frais	39,9	*1530*	2,9	*0,8*
Melon	*Cucumis melo*	fruits frais	6,0	*230*	0,4	
	Pentaclethra macrophylla	graine	92,0	*5440*	26,0	*40,0*
Mil	*Pennisetum typhoideum*	grains	89,0	*3630*	11,8	*5,1*
		feuilles vertes	25,9	*942*	12,9	*2,4*
		pailles	85,0	*753*	5,6	*2,7*
Millet	*Panicum miliaceum*	grains	89,0	*3380*	11,8	*2,4*
Mombin	*Spondias sp.*	noix		*410*	0,9	
		fruits frais	15,0	*950*	1,0	*0,0*
Muscade	*Myristica fragrans*	noix	86,0	*5050*	8,0	*36,8*
Muscadier (faux)						
	Monodora myristica	noix				*42,8*
Néré	*Parkia biglobosa*	graines	90,0	*3800*	26,0	*10,0*
		grain. crues / ferm.	*4310*	35,0	*29,0*	
Neverdié	*Moringa oleifera*	feuilles sèches		*2640*	22,0	
Niébé	*Vigna sinensis*	grains	93,0	*3400*	25,1	*1,4*
		plantes entières	24,1	*942*	16,2	*2,4*
		fânes sèches	89,0	*1130*	14,0	*2,8*
Noix de coco	*Cocos nucifera*	pulpe fraîche	45,0	*3750*	4,0	*35,0*
		pulpe séch. coprah	93,5		12,8	*70,3*
Noix de cola	*Cola sp.*	noix	88,0	*3500*	9,0	*2,0*
Noix du Brésil	*Bertholecia excelsa*	noix	95,0	*6880*	14,5	*66,0*
Oignon	*Allium cepa*	frais	13,0	*480*	1,5	
Olax	*Olax vicidis*	noix		*3560*	17,1	
Opuntia	*Opuntia spp.*	pulpe	17,0	*560*	1,0	
Orange	*Citrus sinensis*	fruits frais	14,0	*530*	0,8	
Palmier à huile	*Elaeis guineensis*	vin		*340*		
		noix palmistes	91,2	*4331*	8,9	*50,4*

nom français	nom latin	produit	% MS sur MR	Cal/ kg MR	protéines % MR	lipides % MR
Palmier doum	*Hyphaena thebaica*	fruits frais	25,5		5,0	*0,4*
		noix sèches	94,9		3,5	*2,7*
Pandanus	*Pandanus spp.*	fruits	20,0	*700*	0,4	*0,3*
Papaye	*Carica papaya*	fruits frais	11,0	*390*	0,6	
Parinaire	*Parinari sp.*	pulpe		*740*	0,8	
		noix		*6920*	18,1	
Patate douce	*Ipomoea batatas*	tubercules frais	33,7	*2071*	3,1	*1,5*
		lianes sèches	86,7	*904*	7,6	*2,9*
		lianes vertes	15,8	*1337*	10,8	*4,6*
Piment doux	*Capsicum annuum*	frais	10,0	*370*	2,0	*0,5*
Poireau	*Allium porrum*	frais	13,8	*390*	1,9	*0,3*
Pois cajan	*Cajanus cajan*	graines	90,0	*3280*	20,0	*2,0*
Pois d'Angole	*Cajanus indicus*	grains	87,1	*1845*	22,7	*1,4*
		feuilles séchées	85,3	*1262*	19,2	*2,7*
Pois du Cap	*Phaseolus lunatus*	grains	89,3	*2071*	24,5	*1,3*
Pois mascate	*Mucuna pruriens*	graines	94,5		28,0	*0,9*
Pois mungo	*Phaseolus mungo*	grains	89,0	*3290*	24,0	*1,0*
Pois vert	*Pisum sativum*	frais		*360*	2,9	*0,2*
Pomme cajou	*Anacardium occidentale*	fruits entiers secs	91,4		4,0	*2,7*
		noix	95,0	*5900*	20,0	*45,0*
		fruits frais	15,0	*560*	0,7	
Pomme de terre						
	Solanum tuberosum	tubercules frais	20,0	*750*	2,0	
		fânes vertes	19,4	*1036*	13,4	*3,6*
		fânes séchées	90,0	*904*	14,1	*2,7*
Pomme rose	*Eugenia jambos*	fruits frais	15,0	*560*	0,6	
Radis	*Raphanus sativus*	frais	6,0	*180*	1,0	
Ricin	*Ricinus communis*	graines		*3950*	22,2	*19,7*
Riz	*Oryza sativa*	grains décortiqués	87,8	*3540*	10,7	*2,2*
		paddy	87,3	*1544*	8,5	*2,5*
		pailles	92,3	*791*	3,2	*1,2*
Rônier	*Borassus aethiopium*	fruits		*430*	0,8	
		noix		*2620*	7,0	
Sapotille	*Achras sapota*	fruits frais	15,0	*970*	0,4	*1,0*
Sésame	*Sesamum indicum*	graines	96,5	*5920*	22,4	*53,1*
Soja	*Glycine maximum*	graines	90,1	*2636*	36,6	*20,4*
Sorgho	*Sorghum vulgare*	grains	89,9	*3550*	11,9	*3,6*
		pailles	77,4	*565*	3,9	*1,6*
Tamarinier	*Tamarindus indica*	pulpe	25,0	*1070*	3,7	*0,9*
		graines	80,0	*3040*	2,0	
		feuilles fraîches		*730*	14,1	
		fruits		*2700*	2,0	
Taro	*Colocasia esculenta*	tubercules frais	31,6	*1130*	6,6	*0,5*
		feuilles vertes	11,6	*1299*	23,8	*7,3*
Teff	*Eragrostis abyssinica*	grains	90,2	*3450*	10,9	*3,3*
Tomate	*Lycopersicum esculentum*	frais	6,0	*200*	1,0	
Tournesol	*Helianthus annuus*	graines non décort.	93,3	*1883*	16,0	*22,6*
		graines décort.	93,8	*5240*	27,6	*31,3*
Voandzou	*Voandzeia subterranea*	graines	90,1	*3670*	18,0	*6,5*
		fânes	94,3		7,7	*1,1*

Bibliographie

ACTA, *Les auxiliaires, ennemis naturels des ravageurs des cultures,* Paris, France, 1984, 64 p., ISBN 2-85794-036-X.

ALTIERI M. A., *Agroecology : The Scientific Basis of Alternative Agriculture*, Intermediate Technology Publications, 9 King Street, London WC2E 8HW, England, 1987, ISBN 1-85339-000-3. Aussi en traduction portugaise: *Agroecologia : As Bases Cientificas da Agricultura Alternativa,* FASE, PTA, Rua Bento Lisboa, 58 - 22221- Rio de Janeiro - RJ, Brasil, 1989, 237 p.

ARBONNIER M., *Arbres, arbustes et lianes des zones sèches d'Afrique de l'Ouest,* CIRAD, MNHN, UICN, 2000, 541 p., ISBN 2-87614-431-X.

AUTRIQUE A., *Principaux ennemis des cultures de la région des Grands Lacs d'Afrique Centrale,* AGCD, Bruxelles, Belgique, et ISABU, B.P. 795, Bujumbura, Burundi, 1981, 144 p.

AUTRIQUE A. et PERREAUX D., *Maladies et ravageurs des cultures de la région des Grands Lacs d'Afrique Centrale,* AGCD, Belgique et ISABU, B.P. 795, Bujumbura, Burundi, 1989, 232 p.

BAUMER M., *Agroforesterie et désertification*, ICRAF, CTA, 1987, 259 p., ISBN 92-9081-010-6.

BAUMER M., *L'agroforesterie pour les productions animales*, CTA, ICRAF, 1997, 340 p., ISBN 92-9081-1315

BERGERET A. et RIBOT J.C., *L'arbre nourricier en pays sahélien,* Ministère de la Coopération, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, France, 1990, 237 p., ISBN 2-7351-0394-3.

BERHAUT J., *Flore illustrée du Sénégal*, vol. 1 à 6, Ministère du Développement Rural, Direction des Eaux et Forêts, Dakar, Sénégal, 1971 à 1976.

BOVEY R., sous la direction de, *La défense des plantes cultivées*, Editions Payot, Lausanne, 1972.

BUYCKX E.J.E., *Précis des maladies et des insectes nuisibles rencontrés sur les plantes cultivées au Congo, au Rwanda et au Burundi,* INEAC, Bruxelles, Belgique, 1962, 708 p.

CHARREAU C. et NICOU R., *L'amélioration du profil cultural dans les sols sableux et sablo-argileux de la zone tropicale sèche ouest-africaine, et ses incidences agronomiques*, IRAT, Bulletin agronomique n° 23, Paris, France, 1971, 254 p., cité par Piéri C.

CHARREAU C. et VIDAL C., *Influence de l'Acacia albida sur le sol, la nutrition minérale et les rendements du mil pennisetum au Sénégal*, Agronomie tropicale, juin-juillet 1965.

CILLS, GTZ, *Le Sahel en lutte contre la désertification, leçons d'expériences*,1988, 590 pp. ISBN3-8236-1171-2

COLLINGWOOD E.F., BOURDOUXHE L. et DEFRANCQ M., *Les principaux ennemis des cultures maraîchères au Sénégal,* Centre de Développement de l'Horticulture, B.P. 154, Dakar, Sénégal, 1981, 95 p.

CTA, Agrodok, AGROMISA, 33 titres spécialisés, ISBN 90-77073-

CTA, série "Le technicien d'agriculture tropicale", 37 titres spécialisés, ISBN 92-9028-

CTA, série Terres et Vie, Land and Life, ISBN 92-9081-, ISBN 2-87105-

DE SCHLIPPÉ P., *Écocultures d'Afrique (Shifting Cultivation in Africa)*, traduction et adaptation, Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 1986, 201 p., ISBN 2-87105-004-X.

DE SCHLIPPÉ P., *Shifting Cultivation in Africa: The Zande System of Agriculture,* Routledge and Kegan Paul, London, Grande-Bretagne, 1956.

DUPRIEZ H., *A la recherche d'un écosystème*, Carnet Écologique n°5, Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 1996, 40 p., ISBN 2-87105-013-9.

DUPRIEZ H., *Du sel dans nos jardins,* Carnet Écologique n°9, Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 1997, 48 p., ISBN 2-87105-013-19.

DUPRIEZ H., *L'agriculture multiétagée*, Carnet Écologique n°3, Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 1995, 32 p., ISBN 2-87105-013-9.

DUPRIEZ H., *Questions autour d'un barrage*, Carnet Écologique n°7, Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 1995, 32 p., ISBN 2-87105-016-3.

DUPRIEZ H., *Paysans d'Afrique noire,* Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 4e édition, 1988, 256 p., ISBN 2-87105-002-3.

DUPRIEZ H., *Sable, sel et feu dans les rizières, enseignements casamançais,* Carnet Écologique n°4, Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 1996, 48 p., ISBN 2-87105-013-9.

DUPRIEZ H., Seck Ibrahima, *Diobass, démarche d'échanges inter-paysans, carnet d'application*, Terres et Vie, Diobass Écologie et Société, FONGS, Nivelles, Belgique, 1998, 27 p.

DUPRIEZ H., *Vent qui souffle, vent qui vole,* Carnet Écologique n°8, Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 1996, 44 p., ISBN 2-87105-013-9.

DUPRIEZ H. et DE LEENER PH., *Les chemins de l'eau, ruisselement, irrigation, drainage,* Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 380 p., ISBN 2-87105-009-X.

DUPRIEZ H. et DE LEENER PH., *Jardins et vergers d'Afrique,* Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 354 p., ISBN 2-87105-005-8.

DUPRIEZ H. et DE LEENER PH., *Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique,* Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 280 p., ISBN 2-87105-012-0.

DUPRIEZ H. et SIMBIZI Jeanine, *Ravages aux champs, c'est signé,* Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 112 p., ISBN 2-87105-017-1.

DUPRIEZ H., NIYONZIMA SILAS, COLIN J., *Champs et jardins sains,* Terres et Vie, Nivelles, Belgique, 240 p., ISBN 2-87105-020-01.

F.A.O., *Tables de composition des aliments,* Rome, Italie.

FUGLIE LOWELL J., *Producing Food without Pesticides, local solutions to crop pest control in West Africa,* CTA, Postbus 380, 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas, et Church

World Service, B.P. 3822, Dakar, Sénégal, 1998, 158 p.

GAUDY M., *Manuel d'agriculture tropicale,* La Maison Rustique, 26, rue Jacob, Paris, France, 1959, 444 p.

GENECH DE LA LOUVIERE T., *Manuel d'agriculture,* 20e édition, Le syndicat agricole, La Chapelle-Montligeon, France, 1966, 576 p.

GUIDE CLAUSE, 1, rue L. Clause, 91221 Brétigny-sur-Orge, cedex, France, 1990, 766 p.

Institut du Sahel, *Les ennemis des cultures vivrières dans le Sahel,* CILSS et UCTR/PV, B.P. 1530, Bamako, Mali, 1991, 128 p., ISSN 1017-7477.

I.P.D., *Comprendre une économie rurale,* L'Harmattan, 7, rue de l'Ecole Polytechnique, 75005 Paris, France.

KROLL R., *Les cultures maraîchères,* collection *Le technicien d'agriculture tropicale,* n° 29, éd. Maisonneuve et Larose, Paris, France, 1994, 219 p., ISBN 2-7068-1112-9 et 92-9028-217-7.

KUMAR R., *La lutte contre les insectes ravageurs,* L'agriculture en régions tropicales, CTA, Postbus 380, 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas, et Karthala, Paris, France, 1991, 310 p., ISBN 2-86537-333-9.

LAVABRE E.M., *Ravageurs des cultures tropicales,* collection *Le technicien d'agriculture tropicale,* n° 21, CTA, Postbus 380, Wageningen, Pays-Bas et Maisonneuve et Larose, Paris, France, 1992, 178 p., ISBN 2-7068-1048-3 et ISBN 92-9028-194-4.

LAVIGNE DELVILLE P. et BOUCHER L., *Les bas-fonds en Afrique tropicale humide, guide de diagnostic et d'intervention,* Collection *Le point sur,* GRET, Ministère de la coopération, CTA, Dijon-Quetigny, France, 1996, 416 p.

Le BOURGEOIS T. et MERLIER H., *Les adventices d'Afrique soudano-sahélienne,* CIRAD, Montpellier, France, 1995, 640 p.

LE THIEC G., *Agriculture africaine et traction animale*, Coopération française, CTA, 1996, 356 p.

MARIAU Dominique, *Lutte intégrée contre les ravageurs des cultures pérennes tropicales,* CIRAD, Montpellier, France, 1996, 202 p., ISSN 1251-7224 et ISBN 2-87614-253-8.

MBEMBA F., REMACLE J., *Inventaire et composition chimique des aliments et denrées alimentaires traditionnels du Kwango-Kwilu au Zaïre* - Biochimie alimentaire, Université de Kinshasa, B.P. 90, Kinshasa XI, Zaïre, et Biochimie cellulaire, Facultés N.D. de la Paix, 5000 Namur, Belgique, 1991, 80 p., ISBN 2-87037-1659.

Mémento de l'Agronome, République Française, Ministère de la Coopération, Paris, France, 1980, 1600 p.

Mémento de l'Agronome, CIRAD-GRET, Ministère des Affaires étrangères, France, CTA, 2002, 1691 p., ISBN 2-85319-008-0.

Mémento du Forestier, Centre Technique Forestier Tropical, Ministère de la Coopération, Paris, France, 3e édition, 1989, 1263 p., ISBN 2-11-084874-X, Diffusion: La Documentation Française, 31, Quai Voltaire, 75340 Paris, Cedex 07.

MESSIAEN C.-M., *Le potager tropical,* 1. Généralités, PUF, Paris, France, 1978, 204 p., ISBN 2-85319-008-0.

MICHEL B. et BOURNIER J.-P., *Les auxiliaires dans les cultures tropicales* (en français et en anglais), CIRAD, B.P. 5035, Montpellier, France, 1997, 88 p., ISBN 2-87614-301-1.

NOLLE J.,*Machines modernes de traction animale*, AFDI, L'Harmattan, GRET, 5-7 rue de l'Ecole Polytechnique, 75005 Paris, 478 pp., ISBN 2-85802-606-5

PAN (Pesticides Action Network): Christa Dümmler et al., *Pesticides et agriculture tropicale, dangers et alternatives,* CTA et Verlag Josef Margraf, 1993, 281 p., ISBN 3-8236-1225-5.

PAUWELS L., *Nzayilu N'ti*, *Guide des arbres et arbutes de la région Kinshasa-Brazzaville*, Edition Jardin botanique de Belgique, 1860 Meise, Belgique, 1993, 495 p., ISBN 90-72619-10-2, ISSN 0779-2387.

PELISSIER P., *Paysans du Sénégal,* CNRS, Paris, 1966.

PIROT R., *La motorisation dans les cultures tropicales*, Coopération Française, CIRAD, CTA, 1998, 352 p., ISBN 2-87614-322-4.

PURSEGLOVE J.W., *Tropical Crops: Monocotyledons* et *Tropical Crops: Dicotyledons,* Longman, Longman House, Burnt Mill, Harlow, Essex, Grande-Bretagne.

RAEMAEKERS R. H., coordonnateur, *Agriculture en Afrique Tropicale,* DGCD, Bruxelles, Belgique, 2001, 1634 p., ISBN 90-806822-2-5.

RANDOIN L., LE GALLIC P., DUPUIS Y., DUCHENE G. et al., *Tables de composition des aliments*, J. Lanore, Paris, 1982, 117 p., ISBN 2-86-268055-9.

RAPPE A. et VAN HAMMEE M.-L., *Guide des pesticides toxiques pour la faune sauvage et domestique,* AVES A.S.B.L., Société d'études ornithologiques, Bureau service protection, Dinant, Belgique, 1992, 48 p.

RECKHAUS P., *Maladies et ravageurs des cultures maraîchères*, GTZ, Margraf Verlag, 402 pp., ISBN 3-8236-1274-3

RIVIÈRE R., *Manuel d'alimentation des ruminants domestiques en milieu tropical*, Ministère de la Coopération et du Développement, Collection Manuels et Précis d'élevage, la Documentation Française, 1991, 527 p., ISBN 2-11-002527-1.

SICART B. et al., *Rongeurs nuisibles soudano-sahéliens,* Institut du Sahel, B.P.1530, Paris, France, 1995, 66 p., ISBN 2-7420-0113-1.

SINHA S.K., *Légumineuses alimentaires: répartition, adaptabilité, biologie du rendement,* FAO, Rome, Italie, 1980, 148 p., ISBN 92-5-200186-7.

Société suisse pour la protection de l'environnement, *Les Sols: faciles à perdre, difficiles à regagner,* Collection "Dossiers de l'environnement", vol. 3, Genève, Suisse, 1989, 135 p., ISBN 2-8257-0171-8.

SOLTNER D., *L'arbre et la haie*, *pour la production agricole, pour l'équilibre écologique et le cadre de vie rurale*, Collection Sciences et Techniques Agricoles, "Le Clos Lorelle", 49130 Sainte-Gemmes-sur-Loire, France, 7e édition, 1985, 200 p.

SOLTNER D., *Les bases de la production agricole,* vol. 1 et 2: *Les grandes productions végétales – L'arbre et la haie – Planter des haies, brise-vent, bandes boisées –* Collection Sciences et Techniques Agricoles, "Le Clos Lorelle", 49130 Sainte-Gemmes-sur-Loire, France.

SOLTNER D., *Les bases de la production végétale,* tome 1: *Le sol et son amélioration,* Collection Sciences et Techniques Agricoles, "Le Clos Lorelle", 49130 Sainte-Gemmes-sur-Loire, France, 2000, 472 p., ISSN 1178-5676 et ISBN 2-907710-00-1.

STOLL G., *Protection naturelle des végétaux en zones tropicales basée sur les ressources paysannes locales en zones tropicales et subtropicales,* CTA, AGRECOL et Joseph Margraf, 1988, 180 p., ISBN 3-8236-1114-3.

TAILFER Y., *La forêt dense d'Afrique Centrale, Identification pratique des principaux arbres*, Tome 1: Approche forestière et morphologique, Tome 2: Approche botanique et systématique, CTA, Postbus 380, 6700 AJ Wageningen, Pays-Bas, 1989, 1271 p.

TASSIN J., *Agroforesterie et conservation des sols dans les régions chaudes*, Nature et Progrès, 140 pp.

TINDALL H., *Fruits et légumes en Afrique occidentale,* Collection FAO: Production végétale et protection des plantes, n°11, FAO, Rome, Italie,1968, 257 p., ISBN 92-5-200062-3.

Tools for agriculture. A buyer's guide to appropriate equipment, I.T. Publications in association with GTZ/GATE, Nottingham, United-Kingdom, 1985, 264 p., ISBN 0-946688-36-2.

TOUTAIN G., *Éléments d'agronomie saharienne,* GRET et L'Harmattan, Paris, France, 1979, 278 p.

TRECA B., NDIAYE A.B. et MANIKOWSKI S., *Oiseaux déprédateurs des cultures au Sahel,* Institut du Sahel, Paris, 1997, 41 p.

VANDENPUT R., *Les principales cultures en Afrique Centrale,* AGCD, Place du Champ de Mars, 5, boîte 57, 1050 Bruxelles, Belgique, 1981, 1252 p.

VAN EPENHUIZEN C.W., *La culture des légumes indigènes au Nigéria,* FAO, Rome, Italie, 1978, 278 p.

von MAYDELL H.-J., *Arbres et arbustes du Sahel, leurs caractéristiques et leurs utilisations,* GTZ et Verlag Joseph Margraf, 1992, 532 p., ISBN 3-8236-1197-6.

WESTPHAL E. et al., *L'agriculture autochtone au Cameroun,* H. Veeman en zonen, Institut des Sciences Agronomiques, Wageningen, Pays-Bas, 1981, 178 p.

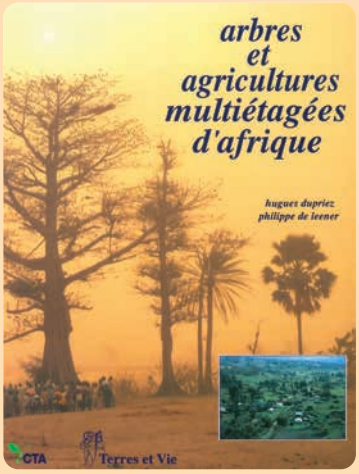
WOOD P.J., BURLEY J., *Les arbres à usages multiples: introduction et évaluation pour l'agroforesterie*, CTA, ICRAF, 1993, 144 p., ISBN 92-9081-1129.

YOUDEOWEI A., *La pratique de lutte intégrée en production maraîchère*, CTA, GTZ, MOFA, 2004, 56 p., ISBN 9956-17-005-4.

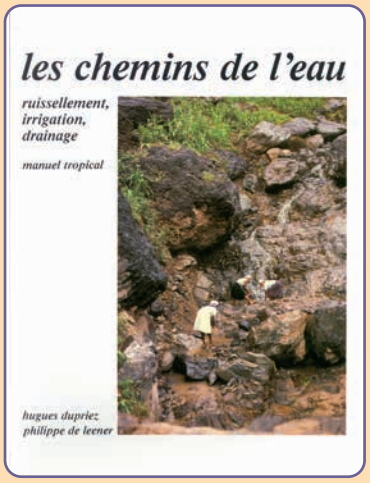
Les autres ouvrages de Terres et Vie



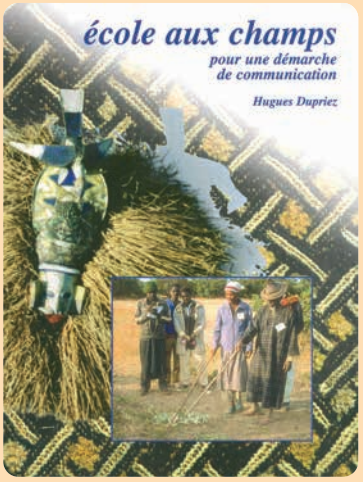
JARDINS ET VERGERS D'AFRIQUE, H. Dupriez et Ph. De Leener, 2e édition 1997, 354 p., 743 ill., ISBN 2-87105-005-8



ARBRES ET AGRICULTURES MULTIÉTAGÉES D'AFRIQUE, H. Dupriez et Ph. De Leener, 1993, 280 p., 386 ill., ISBN 2-87105-012-0 et 92-90811-005. Coédition Terres et Vie et CTA



LES CHEMINS DE L'EAU: ruissellement, irrigation, drainage (manuel tropical) H. Dupriez et Ph. De Leener, 1990, 380 p., 607 ill., ISBN 2-87105-009-X



ÉCOLE AUX CHAMPS, pour une démarche de communication H. Dupriez et al., 1999, 272 p. 110 ill. couleurs, coédition Terres et Vie, Agence de la Francophonie, NOVIB, ISBN 2-87105-19-8

Site d'échanges à visiter sur internet pour des informations variées sur les sujets traités dans le livre: Encyclopédie Wikipedia: http://fr.wikipedia.org/wiki/sciences_naturelles



RAVAGES AUX CHAMPS: c'est signé, Hugues Dupriez et Jeanine Simbizi, 2000, 116 p, 219 ill., ISBN 2-87105-017-1



CHAMPS ET JARDINS SAINS, lutte intégrée, Hugues Dupriez, Niyonzima Silas, Jean Colin, 2001, 240 p., 302 ill., coédition avec CTA, ISBN 2-87105-020-01, ISBN 92-9081-247-8

EAU ET TERRES EN FUITE
J.L. Chleq et H. Dupriez, 2e édition, 1984, 128 p., 202 illustrations, ISBN 2-87105-001-5

PAYSANS D'AFRIQUE NOIRE
H. Dupriez, 2e édition, 1982, 256 p., ISBN 2-87105-002-3

DIOBASS: LES PAYSANS ET LEURS TERROIRS
P. Jacolin, H. Dupriez, Pape Maïssa Fall, J. Ndione et M. Sow, 1991, 161 p., coédition ENDA, FONGS, Terres et Vie, CTA, ISBN 2-87105-010-4

ÉCOCULTURES D'AFRIQUE (Shifting Cultivation in Africa)
P. de Schlippé, 1986, 201 p., 168 illustrations, traduction et adaptation, ISBN 2-87105-004-X

LANGUE FRANÇAISE ET AGRICULTURE TROPICALE
Françoise Tsoungi, 1985, 193 p., coédité avec le CILF, ISBN 2-87105-003-1 (épuisé)

carnets écologiques

n°1 - *Maladies et parasites des plantes,* 48 p.
n°2 - *L'arbre blessé,* 24 p.
n°3 - *L'agriculture multiétagée,* 32 p.
n°4 - *Sable, sel et feu dans les rizières,* 48 p.
n°5 - *A la découverte d'un écosystème,* 40 p.
n°6 - *Ruissellement, érosion et fertilité,* 40 p.
n°7 - *Questions autour d'un barrage,* 32 p.
n°8 - *Vent qui souffle, vent qui vole,* 44 p.
n°9 - *Du sel dans les jardins,* 48 p.
n°10 - *Hygiène pour nos plantes aussi,* 40 p.
n°11 - *Ravages aux champs, c'est signé,* 116 p.
n°12 - *Champs et jardins sains: lutte intégrée,* 240 p.

Books in English

AGRICULTURE IN AFRICAN RURAL COMMUNITIES
H. Dupriez and Ph. De Leener, 1988, 294 pp, ISBN 2-87105-006-6

VANISHING LAND AND WATER, Soil and water conservation in dry lands
J.-L. Chleq and H. Dupriez, 1988, 117 pp, ISBN 2-87105-007-4

AFRICAN GARDENS AND ORCHARDS, growing vegetables and fruits,
H. Dupriez and Ph. De Leener, 1989, 333 pp, ISBN 2-87105-008-2

WAYS OF WATER: run-off, irrigation and drainage
(tropical handbook)
H. Dupriez and Ph. De Leener, 1992, 382 pp, ISBN 2-87105-011-2

TREES AND MULTISTOREY AGRICULTURE IN AFRICA, a textbook for agro-forestry
H. Dupriez and Ph. De Leener, 1998, 280 pp, ISBN 92-9081-1781 & 2-87105-010-X

Banque d'images

Toutes les illustrations et les photos figurant dans les ouvrages de Terres et Vie et les Carnets Ecologiques peuvent être obtenues sur support informatique

Site internet: http://www.terresetvie.com
courriel: terresetvie@terresetvie.com
terres.et.vie@linkline.be

Index alphabétique et des noms scientifiques

A

Abeille 404
Acacia sp. 200
- *A.albida* 76, 101, 355, 356, 357, 362
- *A. laeta* 362
- *A. meliflora* 357
- *A. nilotica* 51, 211, 307, 362
- *A. raddiana* 362
- *A. senegal* 357, 362
- *A. seyal* 357, 362
- *A. sieberiana* 362
- *A. tortilis* 357, 362

acaricide 423
acarien 395
accumulation 158
acide 115, 342, 369
- acétique 369
- chlorhydrique 369
- nitrique 369
- phosphorique 369
- sulfurique 369

acidité 368
- du sol 369

Acieoa barteri 307, 357
activité politique 49
Acyrthosciphon pisum 432
Adansonia digitata 362
Adenium obessum 200
aérobie 112
Aframomum sp. 293
Afzelia africana 362
Agave sisalana 10
agent causal 384
- propagateur 384
- vecteur 384

agriculture commerciale 26
- d'exportation 26
- de rente 26
- de subsistance 26
- itinérante 69
- européenne 26
- moderne 26
- multiétagée 9, 20
- pluviale 29
- primitive 26
- traditionnelle 26

agro-pisciculture 20
agro-sylviculture 20
agroforesterie 20
agropastoralisme 20
Agrotis segetum 396, 399
ail, *Allium sativum*
air 112
akène 206
albédo 44
Albizzia sp. 357, 362
albumen 226
alcalinité 368
Alchornea cordifolia 307, 357
aliment des plantes 344
allogamie 222
aloës, *Aloe barteri* 147
Alternaria 407
alternariose 407
aluminium 126
amaranthe, *Amaranthus sp.* 207
aménagement foncier 57
amendement 342
amidon 449
ammoniacal 371
ammonique 371
anacardier, *Anacardium occidentale* 91, 106, 219
anaérobie 112
ananas, *Ananas comosus* 8, 17, 240, 356
anatomie 204
Andropogon gayanus 362
anémochore 225
angiosperme 205, 206
anion 369
Annona sp.
A. muricata 89
A. senegalensis 225
Anogeissus leiocarpus 362
anthère 221
anthocyane 215
Anthonotha macrophylla 307, 357
aoûté 242
Aphidus bertrandi 432
Aphis craccivora 384, 394
appât 427
aquifère 112
arachide, *Arachis hypogea* 12, 377
araignée 402, 404
arborisation 83
arbre à pain, *Arthocarpus communis* 362
arbre d'ombrage 10
arbre fertilitaire 354, 357
arbre fourrager 103, 362
are 437
argile 113
Aristida mutabilis 362
Armillaria 408
arrières effets 375
arrosage 180
Artocarpus sp. 362
asphyxie 387
aspiration 384
assiette racinaire 288
association agriculture-élevage 76
assolement 13, 75
atome 342, 344
attaque 384
aubergine, *Solanum sp.*
- douce: *S. melongena* 207
- amère: *S. incanum, S. esculentum*

autofécondation 222
autogamie 222
autorité terrienne 95
auxiliaire de culture 26, 92, 427, 433
Averrhoa carambola 89
avocatier, *Persea americana* 226
Azadirachta indica, neem 91
azandé 284
Azolla 365
azote 343

B

bactéricide 423
bactérie 133, 409
bactérie auxiliaire 434
bactériose 409
Baculovirus 434
bail 86
- emphytéotique 86

Balanites aegyptiaca 235, 362
bambou, *Bambussa sp.*
bananier, *Musa sp.*9, 17, 289
- douce: *M. sapientium*
- plantain: *M. paradisiaca sapientum*

bande antiérosive 154
bande herbeuse 165
banque de gènes 257
banquette 170
baobab, *Adansonia digitata* 90, 100, 362
barbadine, *Passiflora quadrangularis*
barrage de retenue 172
barrière végétale 418
base 115, 342, 369
bas-fond 155
Bashi 70
basilic, *Occinum basilicum*
bassin versant 36, 57
battance 148, 164
Bauhinia rufescens 235, 362
bénéfice 441
bénéfice marginal 446
besoins alimentaires 376
besoins en eau 278
besoins en lumière 267, 268, 271
bifoliolée 206
billon 153, 313
billon cloisonné 169
billonnage 175
binage 176, 311
binoculaire 111, 403
biodiversité 18, 138
biomasse racinaire 128
biotechnologie 257
biotique 37
bipennée 206
Bixa orellana 89
bocage 76, 91
bois domestique 99
bois d'œuvre 104
boisement 102
Bombax costatum 362
Borassus flabellifer 210, 362
bornage 85
Boscia angustifolia 362
Boscia senegalensis 362
bosquet 103
botanique 204
bougainvillée, *Bougainvillea spectabilis* 220
bouli 203
bourgoutière 83
bouturage 241, 242
bouture 239, 241
Brachiaria sp. 362
brevetage du vivant 258
brise 190
brise-vent 196, 199
broyeur 310
bruche 422
brûlage 135, 308
brûlis 15
brume 156
bulbe 239
Bushi 71
bulbille 239
Butyrospermum parkii 93
bwasa 71

C

cacaoyer, *Theobroma cacao* 18, 102
cactacée 205
Cadaba farinosa 362
Cadaba glandulosa 362
cadastre 85
caféier, *Coffea sp.* 10, 17, 22, 221
caïeu 239
cailloux 113
Cajanus sp. 307
Cajanus cajan 357, 362
cajou 91, 219
calcique 371
calebasse, *Lagenaria siceraria* 209
calendrier
- agricole 278, 284, 286
- annuel 143
- lunaire 285

Calidea dregei 393
Calliandra sp. 357
calorie alimentaire 449
cambium 245
Canavalia 351
canne à sucre, *Sacharum officinarum* 200, 240, 362
caoutchouc 102
capacité d'échange 373
capitule 206
Capparis corymbosa 362
- *C. decidua* 362
- *C. tomentosa* 362

capsule 206
caractères variétaux 246, 247
carambolier, *Averrhoa carambola* 89, 225
carapace latéritique 56, 126
carbonate de calcium 368, 370
carbone 343
carence 380, 388
carotte, *Daucus carota,* 21, 294
caroubier, *Ceratonia* 362

carpophore 405
carte du terroir 66
cartographie 58
Casamance 98
Cassia sp.
- *C. occidentalis (casse fétide)* 304, 306
- *C. sieberiana* 211, 362
- *C. spectabilis* 357
- *C. tora* 211
Casuarina 207
cation 369
cellule 229
cellule apicale 230
cellulose 349
Celtis integrifolia 362
Cenchrus sp. 362
cendres 114, 373, 389
centigrade 42
Centrosema sp. 351
- *C. pascuorum* 362
- *C. pubescens* 362
Ceratonia 362
Cercospora 407
cercosporose 408
céréale 7
césalpinacée 212
chaîne alimentaire 37, 128, 351
champ de multiplication 209
- monocultural 9
- multiétagé 270
- polycultural 9
- semencier 209, 233
champignon 132
- microscopique 133
- pluricellulaire 406
charbon de bois 50
charrue 310
- araire 323
- à soc 323
- butteuse 324
- versoir 324
chaulage 369
chaux 370
chayotte, *Sechium edule* 209
chef de culture 75, 82
chef des terres 76, 82
chenille 397
chenille foreuse 392
Chloris gayana 362
chlorophylle 42, 214, 215
chlorure 370
chou, *Brassica sp.* 21
chromosome 228
chrysalide 397
chrysope 432
Cicadulina 398, 412
ciment argilo-humique 348
citronnier, *Citrus limon*
citrullus 209
clan 82
climat 41, 43, 386
- bimodal 143
- unimodal 143
clôture vive 92
(C/N) 349
coccinelle 401, 433
cochenille du manioc 432
cochenille farineuse 386, 398
cocotier, *Cocos nuciphera* 210
code 71
- de l'environnement 85
- foncier 85
- forestier 85
coiffe racinaire 230
coiffe radiculaire 291
colatier, *Cola acuminata*
coléoptère 404
Coleus sp. 295
collet 295, 298
colloïde 115
Colocasia antiquorum 362
Combretum aculeatum 362
Combretum micranthum 235
combustible 94
Commiphora africana 362
complantation 16
complexe parasitaire 385
complexe pathologique 386
composition alimentaire 451, 459
composition des engrais 370
composition du sol 111
compost 176, 348, 363
compostage 135
- à chaud 364, 420
- à froid 363
compte d'exploitation 442
concertation 49
concession 71, 81
concombre,
- *Cucumis sativus* 17, 209
- *Cucumeropsis sp.*
concurrence racinaire 328
condimentaire 7
conflit 49, 87
contexte politique 31
contrainte agro-économique 31
contrat de vache 49, 83
coque 206
coquillage 365
cordeau 338
Cordia Rothii 362
cordon pierreux 135, 170
corète potagère, *Corchorus olitorus* 110
cornichon, *Cucumis sativus* 209
corolle 217
corossolier, *Annona muricata* 89, 217
corymbe 206
Cosmopolites sordidus 422
cotonnier, *Gossypium barbadense* 8, 9, 24, 106, 362
cotylédon 226
couche arable 311
couche du sol 121, 122
courbe de niveau 165
courge, *Cucurbita sp.* 209
courgette, *Cucurbita pepo* 207, 209, 224
coutume 49
couverture végétale 162, 179
criquet 392, 428
cristallisation 114
cristallographie 110
cristaux de sel 115
croisement 249
croissance végétative 261
Crotalaria sp. 307
croûte 156
cucurbitacée 209
cuisine 99
cultivateur 11, 323
culture
- associée 8, 20, 333
- dérobée 353
- de rente 23
- d'exportation 23
- intercalaire 329
- pure 8, 22
- sur table 320
curcumin, *Curcuma domestica*
cycle 31
- climatique 264
- cultural 263, 281, 283
- d'exploitation 263
- de la matière vivante 345
- des éléments nutritifs 345
- pluriannuel 262
- saisonnier 143, 262, 282
- végétatif 259

cyme 206
Cynodon sp. 362
Cyperus esculentus 295

D

Daniellia oliveri 362
dattier, *Phoenix dactylifera* 210
débourrage 262, 282
débroussailleuse 310
décimètre cube 437
défrichage 15
dégât 383
degrés
- Celsius 42
- Farenheit 42
démographie 58
densité 437
dépendance 45
déprédateur 390
désertification 144
désherbage chimique 138
Desmodium sp. 351, 362
diagnostic 385
Dichrostachys cinerea 362
dicotylédone 205
digitée 206
diguette en terre 169
dimethoate 389
Diodia scandens 240
dioïque 223
diptère 404
dispositif 327
- de culture 332
- de semis 272
- en complantation 338
- évolutif 340
- superposé 339
dissémination 225
dissolution 114
divagation 390, 430
dolique, *Dolichos lablab* 362
domaine foncier 83
dominance 17
don 76, 81
Dracaena 92
drageon 239
drainage 155, 180, 187
drèche 367
droits
- d'usage 29, 76, 81
- de parcours 82
- de propriété 81
- foncier 81
dune 193
Dysdercus 398

E

eau fixée 112
eau libre 112
écartement 274, 327
échange gazeux 214
échelle cartographique 58
Echinochloa stagnina 362
éclat de souche 239
écobuage 382
écologie 33
économie 44
économie familiale 46
écosystème 42, 92
élagage 108, 274
Elaïs guineensis 210
Eldana saccharina 392
élément nutritif 115, 345
éleusine, *Eleusina coracana*
embryon 225
énergie 7
- de la pluie 105
- du vent 107
- lumineuse 42
- végétale 42
enfouissement 366
engrais 342, 370
- azoté 371
- chimique 25, 114, 138, 342, 370
- complet 371
- minéral 368, 370
- organique 348, 366
- phosphaté 371
- potassique 371
- vert 348, 351, 353
enracinement
- fasciculé 293
- pivotant 293
- profond 292
- superficiel 292
enrobage 426
entente 49
environnement 31, 33
épi 206
épiaison 261, 280
Epidinocarsis lopezii 401, 432
épigée 227
éponge végétale, *Luffa aegyptica* 209
érosion 136
- en rigole 152
- en nappe 149
- éolienne 35, 191, 194
- hydrique 35, 107
- lutte contre l'érosion 161

Erwinia 410
Erynia neoaphidis 432
Erythrina abyssinica 357
escargot 130, 392
espèce 205, 208
- à usage multiple 10, 90
- annuelle 9
- fertilitaire 8
- fourragère 8, 362
- multifonctionnelle 10, 91
- nettoyante 15
- pérenne 9
- pionnière 15
- pluriannuelle 9
- plurisaisonnière 9
- saisonnière 9
- stimulante 10
- vivace 9
établissement 261
étage
- de végétation 20
- écologique 20
- économique 20
- intermédiaire 10
- supérieur 10
étamine 221
éthologie 204
eucalyptus 103
eucalyptus 103, 128
euphorbe 147
Euphorbia balsamifera 92, 166, 200
évaporation 43
évapo-transpiration 43, 156
exode rural 54, 84
exploitation arboricole 108
exploitation familiale 27
exportation de minéraux 345, 346
extensif 439
extirpateur 310, 323

F

fabacée 210
facteur
- abiotique 44
- biotique 44
- de production 29, 31, 52, 440
- limitant 28
famille d'espèces 402
famille d'insectes 402, 404
fane 12
farine 7
fascicule 206
faux fruit 225
fécondation 222
- artificielle 223
- croisée 222
féculent 7, 450
fer 126
Feretia apodanthera 362
fermage 81
ferme mixte 30
fertilité 305
feuille 206, 212, 213, 214
feu 389
feu intempestif 96
Ficus capensis 362
- *F. gnaphalocarpa* 362
- *F. iteophylla* 362
figue de Barbarie, *Opuntia* 147
filament 405
filière 24
fixation symbiotique 212
Flemingia congesta 357
Flemingia sp. 307, 351, 353
flétrissement 195, 217
fleur 217
fleur femelle 223
fleur mâle 223
floculation 115, 116, 369
floraison 261, 263
flore 206
fluometuron 389
fœhn 190
foliaison 263
follicule 206
fongicide 423
fonio, *Digitaria exilis*
fonte des semis 279
fosse antiérosive 172
fosse demi-lune 174
four à briques 98
fourmi 130
fourrage 361
foyer ménager 99
fraction 111
- minérale 112, 113
- organique 112, 116
fractionnement 380
fraisier, *Fragaria sp.* 225
frange capillaire 123, 159
fromager, *Ceiba petandra* 101, 340
front d'infiltration 303
front intertropical 144
fructification 261, 263
fruit 206, 221, 225
fruit de la passion, *Passiflora edulis*
fumier animal 348, 358, 361
fumier végétal 348
fumure 342
- de campagne 373
- de fond 373
- en poquets 366
fusariose 408
Fusarium 408, 409

G

gabion 173
galle 390, 395
Gardenia erubescens 362
gaz 112
gemmule 225
gène 226, 227
gène mutant 425
génétique 228
génome 232, 238
genre 208
géodésique 59
géologique 58
germe 225
germination 120, 260, 279
- épigée 291
- hypogée 291
gestion des conflits 51
gingembre, *Zingiber officinale*
glanage 82
glande 217
Gliricidia sepium 307, 357, 362
glomérule 206
glucide 449
Glycine maximum 362
Gnetum africanum 240
gombo, *Hibiscus esculentus* 218, 332
gomme arabique 51
gonakier 104
Gossypium barbadense 362
gourmand 243
gousse 206
goutte à goutte 180
goyavier, *Psidium guava* 224
GPS 59
graine 221, 225, 231
graminée 7, 210
gramme 437
grand champ 75
graphique 140
gravier 113
gravitaire 225
greffage 243
- en écusson 244
- en fente 244
- en placage 245
greffon 241, 243
grenier 236
Grevillea robusta 357
grévillier 200, 357
Grewia bicolor 362
Grewia tenax 362
griffe 152
grillon 399, 404
grumeleuse 118
grume 104
gui 294, 391
Guiera senegalensis 335, 362
gymnosperme 205
gynophore 16
gyrobroyeur 310

H

haie 91, 107
haie antiérosive 166
haie fertilitaire 353, 355
hampe florale 218
haricot commun, *Phaseolus communis* 227, 291
haricot à rames 275
harmattan 42, 190
hauteur de pluie 140
hectare 437
héliophile 43, 265
Heliothis armigera 396, 398
herbicide 138, 423
herbicide systémique 416
hétéroptère 404
hévéa, *Hevea brasiliensis* 102
Hibiscus canabinus 10
histogramme 140
homoptère 404
horizon d'accumulation 124
horizon de lessivage 124
humidimètre 42
humidité 42
humification 134, 345
humus 116, 128, 134, 351
hybridation 249, 250
hybride 232
hydrochore 225
hydrogène 343
hydrographique 58
hydroxyde 369
hygiène 415
hygromètre 42
Hymenocardia acida 362
hyménoptère 404
Hyphaene thebaica 210, 362
hypogée 227

I - J

Icyania senegalensis 145, 147
igname, *Dioscorea sp.* 110, 188, 240, 246, 261, 282
imbibition 226
imparipennée 206
imparipennée à folioles alternes 206
Imperata cylindrica 240, 293
impluvium 174
importation de sels minéraux 345
incidence 384, 419
infiltration 156, 303
inflorescence 206, 218
inondation 159, 180
insecte 130
- adulte 397
- brouteur 392
- broyeur 392
- mineur 392
- ravageur 426
- tisserand 395
insecticide 26, 423
- de contact 422
- d'ingestion 422
- systémique 422
insécurité foncière 71
insolation 105
intensif 439
intrant 30, 138
invitation de culture 45
ion 343, 368
ipomée 240
Ipomea batatas 362
irrigation 180
- d'appoint 181
- par aspersion 180
- par ruissellement 180
- par submersion 180
- au goutte à goutte 180
- souterraine 180
isoptère 404
iule 398
jachère 13, 305, 357, 420
jujubier, *Zizyphus sp.* 219, 362

K

kalinzi 71
kapokier rouge, *Bombax costatum* 362
karité, *Butyrospermum parkii* 93, 289

kayendo 315
Khaya senegalensis 362
kilogramme 437
kraalage 358
kraal 76

L

labour 136,175, 297, 311
- antiérosif 168
- à plat 313
- en billons 313
- en buttes 317
- en planches 319
- en poquets 320
- mécanique 25

laitue, *Lacruca sativa*
Lantana camara 220
larve 130
latérisation 35, 126
latérite 126
légende 58
législation 49
légumineuse 7, 210, 456
lépidoptère 404
lessivage 124, 158
lessivage des engrais 378
Leucaena leucocephala 10, 201, 307, 357, 362
levée 260, 279
levure 133
lignage 82
ligne de crête 57
ligne de partage 57
lignine 349
limace 130, 392, 429
limacide 423
limon 113
lipide 449
lit majeur 159
lit mineur 159
litière 124
litre 437
Locusta migratoria 428
loupe 111, 403
lutte antiérosive 162, 167
lutte phytosanitaire
- biologique 431
- curative 415
- intégrée 415
- préventive 415, 416

M

macabo, *Xanthosoma sagittifolium* 13, 17, 362
macro-élément 343
Macroptilium atropurpureum 351, 353, 362
Maerua angolensis 362
Maerua crassifolia 362
magnésique 371
main-d'œuvre 29
main-d'œuvre agricole 285
maïs, *Zea mais* 224, 227, 291, 293, 334
maladie 384
- bactérienne 424
- des bandes 411
- de malnutrition 431, 388
- de la salinité 430
- fongique 424
- virale 424

malnutrition 388
mammifère 132
mammifère sauvage 429, 430
mandarinier, *Citrus nobilis*
mangrove 34, 94
manguier, *Mangifera indica* 273, 339
maniguette, *Aframomum sp*. 293
manioc, *Manihot utilissima* 17, 107, 334
manipulation génétique 257
mante 432
maracouja, *Passiflora edulis*
marcotte 239, 241
marécage 56, 155
matière sèche 451
matrilinéaire 81
maturation 261, 280, 282
mauvaise herbe 8
melon, *Cucumis melo* 209, 219
menthe, *Mentha arvensis*
méristème 241
mesures
- anglaises 438

métayage 81
métissage 249
mètre carré 437
micocoulier, *Celtis integrifolia* 362
microbarrage 172
- de retenue 174
- filtrant 172

microbe 133
microclimat 41
micro-élément 115, 343
micro-milieu 33
micro-milieu agricole 36
micro-organisme 116, 133
micro-organisme humificateur 350
microscope 403, 405
mil, *Penisetum americanum* 12
mildiou 407
milieu
- abiotique 41, 43
- aquatique 34
- biotique 37, 40
- économique 31
- sec 35
- social 31
- vivant 31

mille-pattes 398, 428
millimètre de pluie 139
Mimosa pudica 211
mimosacée 212
minéralisation 134, 345
minéraux solubles 114
Mitragyna inermis 362
modernisation agricole 25
modernisation durable 26
modernisme 95
molécule 342, 344, 368
molécule organique 342
mondialisation 45, 95, 256
monocotylédone 205
monoïque 223
montaison 261, 280
moringa, *Moringa oleifera* 211
morphologie 204, 273, 289
mosaïque du manioc 399
mosaïque du soja 411
motoculteur 324, 325
mouche 404
- du haricot 393

mousson 42, 190
mouvements de l'eau 123
moyenne des pluies 140
Mucuna 351, 362
mulching 162, 176, 366
murette 170
Musa sinensis 357
mutation 425
mylabre 393
myriapode 428
myrtacée 205

N

nappe aquifère 112
neem, *Azadirachta indica* 91
nématicide 423
nématode 395, 396, 425
nénuphar 195
néré, *Parkia biglobosa* 208
nervure 216
neuroptère 404
néverdié, *Moringa oleifera* 211
niayes 122
niche 33
niébé, *Vigna unguiculata* 211, 362
nitrate 371
nitrique 371
nodosité 210, 212
nœud 242
Nomadacris septemfasciata 428
nom scientifique 208
nom vernaculaire 208
non soluble 114
nouaison 224, 261
N.P.K. 371
nuage 43

O

occupation du sol 9
OGM 253, 257
Oïdium 407
oignon, *Allium cepa* 23, 219
oiseau ravageur 427
oléagineuse 7
oligo-élément 115, 343, 388
ombelle 206
ombrage 276
ombrière 276
ombrophile 265
Opuntia ficus-indica 362
oranger, *Citrus sinensis* 263
ordure ménagère 350
organe sexuel 221
organisme pluricellulaire 414
organisme unicellulaire 427
orientation 59
orthoptère 404
oseille, *Hibiscus sabdariffa*
ouragan 190
ovule 221
oxyde 342
oxyde gazeux 343
oxygène 343
Oxytenanthera abyssinica 362

P

paillage 162, 176, 366
palétuvier, *Rhizophora racemosa* 94, 294
palissage 202, 275
palmée 206
palmier 90, 210
- à huile, *Elaeis guineensis* 10, 91, 103
- dattier, *Phoenyx dactyllifera* 210
- doum, *Hyphaene thebaica* 340, 362
- raphia, *Raphia regalis* 91
- rônier, *Borassus flabellifer* 9, 90, 362

pamplemoussier, *Citrus maxima*
panicule 206, 220
Panicum maximum 8, 362
papayer, *Carica papaya* 224
Papilio demodocus 396
papillonacée 210
papillon 404
- de nuit 400

paquet technologique 25, 257
parallèle 206
paramètre 30
parasolier, *Musanga cecropioides*
paripennée 206
Parkia biglobosa 208, 357, 362
Parkia speciosa 357
Paspalum fourrager 361
pastèque, *Colocybthis citrullus* 209
patate douce, *Ipomea batatas* 334, 362
patrilinéaire 81
paysage 64
paysannat 77
pédologie 110
pédologique 58
pellicule de battance 148
pénétrabilité 119
Penisetum purpureum 362
pennée 206
peptisation 116
peptisé 115
percolation 156
persil, *Petroselinum sativum*
personne morale 81
personne physique 81
perte 442
perte marginale 447
pétale 217
pH 369
Phaseolus vulgaris 208
Phenacoccus manihoti 398
phéromone 427, 433
Phoenix dactylifera 210

phothosynthèse 215
photopériodicité 42
photo aérienne 59
phréatique 112
physiologie 204
physique 41
phytopathologie 383
Phytophtora sp. 407
phytosanté 383
piège 427
- à pétrole 401
piémont 56
Piliostigma reticulatum 362
piment, *Capsicum*
- *frutescens (pili-pili)*
- *annuum (doux)*
pistil 221
plantation 16
plante
- adventice 8, 426
- d'ombre 43
- de lumière 43
- parasite 426
- pérenne 259
- saisonnière 259
plasticité 262
pluie 43
plurisaisonnière 260
pluviomètre 139
pluviométrie 139
poil absorbant 291
poil racinaire 291
poireau, *Allium porrum*
pois, *Pisum sativum* 211, 218 362
pois cajan, *Cajanus cajan* 357, 362
pois chiche, *Cicer arietinum*
pois de terre, *Voandzeia subterranea*
pois fourrager 361
poivrier, *Piper nigrum* 275
poivron, *Capsicum annuum* 207
pollen 221
pollinisation 222
- artificielle 232
pollueur 395
polyculture 9,16
polyphage 399
pombod 75
pomme cajou 225
pomme de terre, *Solanum tuberosum* 207
poquet 336
pore 112
port des arbres 333
porte-greffe 241, 243
potentiel hydrogène (pH) 369
potiron, *Cucurbita maxima* 209
pourridié 408
pourriture brune 407
pouvoir germinatif 237
précipitation 114
production 440
produit biologique 432
produit phytosanitaire 423
profil d'un sol 111, 122
promiscuité 401
propagation des pathogènes 412
propriété foncière 21, 29
propriété lignagère 76
Prosopis sp. 362
- *P. chilensis* 357
- *P. juliflora* 357
protéagineuse 7
protéine 7
Pseudomonas 409, 410, 416
Pterocarpus erinaceus 362
Pterocarpus lucens 362
Puccinia 406
puceron 394, 404
Pueraria phaseolides 351, 362, 375
pulvérisation 367
punaise 404
purification semencière 253
purin animal, végétal 348
pyrhètre, *Chrysanthemum cinerariaefolium*
pyrophile 136

Q - R

quarantaine 414
quinquina 103
racème 206
racine 128, 213
- adventive 292
- aérienne 293
- crampon 294
- hydrophore 293
- primaire 290
- respiratoire 293
- secondaire 290
- suçoir 294
- symbiotique 293
- tubéreuse 293
- ventouse 294
radicelle 291
radicule 225
radis, *Raphanus sativus* 294
Raphia sp 210
rapport carbone-azote (C/N) 349
ravage 384
ravine 152
ray-grass, *Lolium sp.* 361
rayonneur 337
récolte sanitaire 419
refente des billons 314
règle de culture 76
règle relative à la pêche 83
rejet 239
relais géodésique 59
relevé pluviométrique 140
relief 55
religion de terroir 76
remembrement 72
remontée capillaire 159
remplissage 261, 282
rendement 441
- alimentaire 450, 452
- biomassique 357
- décroissant 448
- de la terre 441
- d'un engrais 445
- du travail 442
- financier 442
rentabilité 442
rentabilité immédiate 374
repiquage 297
reproduction bactérienne 410
reproduction sexuée 217, 221
reptation 194
respiration 214
ressource 31
ressource de terroir 27
ricin, *Ricinus communis* 219
Rhizobium 210, 212
rhizome 239, 293
risque
- agricole 325
- de ravage 21
- économique et social 326
rite 76
riz, *Oriza sativa* 22
rizière salée 98
roche-mère 121, 124
rocouyer, *Bixa orellana* 89, 225
rosée 156
rosette de l'arachide 394
rotation des cultures 13, 75, 304, 420
rotavator 310, 324
rouille 406, 407
ruissellement 149
- en nappe 149
- en rigole 152

S

sable 113
Saccharum officinarum 362
safoutier, *Dacryoides edulis*
saison culturale 15, 19
saison climatique 19
salane, *Euphorbia balsamifera* 92, 166
salinisation des terres 159
saltation 194
Salvadora persica 362
samare 206
santé féminine 100
sarclage 176, 311
satellitaire 59
sauterelle 404
Schistocerca gregaria 428
sciage 104
sciaphile 265
Sclerocarya birrea 273
sécheresse 144
sélection
- adaptative 249
- massale 234, 249
- variétale 231
sels 369
sels minéraux 113, 114, 342
semelle de labour 311
semence végétative 238
semis en lignes 337
semoir 11
sénescence 261
sénoufo 314
sépale 217
sérère 74
servitude 85
sésame, *Sesamum indicum* 262
Sesbania sp.
- *S. aculeata* 357
- *S. grandifolia* 357
- *S. sesban* 357, 362
sétaria fourrager 361
Setaria sp. 200, 362
seuil de rentabilité 448
sève élaborée 214, 215, 344
sève non élaborée 215, 344
silique 206
sillon 153, 313
silo 236
siratro, *Macroptilium atropurpureum* 353, 362
sisal, *Agave sisalana* 147
sissongo, *Pennisetum purpureum* 362
soja, *Glycine maximum* 362
sol 41, 110, 121
- arable 110
- argileux 114, 117
- lourd 117
- profond 123
- sableux 114
- salin 98
- tourbeux 122, 126
solanacée 209
sole 14, 74
solidarité économique 95
solifluction 172
solubilité 373
sorgho, *Sorghum bicolor* 12, 260
souche résistante 425
soudure 253
source 156
sous-sol 110, 121
sous-produit 440
sous-solage 311, 322
souterraine 180
splash 105, 148
sporange 406
spore 405, 407
stabulation 359
station météorologique 143
statut 76, 81
stigmate 221
stolon 239
stomate 42, 214
striga 391
structuration 135
structure 117, 137
structure du sol 302, 374
Stylosanthes sp. 351, 362
substance systémique 416
succession culturale 13
sulfate de potassium 368
surcharge de travail 99
sur-greffage 245
suspension 115, 369
symbiose 212
symptome 385
synergie 21
synthèse chlorophyllienne 215
syrphe 434
systématique 204
système 27

- agricole 30
- d'exploitation 30
- écologique 42
- métrique 440
- racinaire 288

T

tabac, *Nicotiana tabacum* 207
table alimentaire 452
tagète, *Tagetes sp*.
taille 274
- aérienne 333
- d'entretien 108
- de production 108
- racinaire 108, 333

tallage 261, 279
tamarinier, *Tamarindus indica* 211
tare 439
taro, *Colocasia antiquorum* 332
teck, *Tectona grandis*
tef, *Eragrostis tef*
tégument 225
température 42
Tephrosia sp. 8, 307, 351, 357, 362
termite 129, 393, 404, 429
tétragone, *Tetragonia expensa*
Tetrapleura tetraptera 89, 225
texture 117, 137
théier 8, 9
thermomètre 42
thrips 404
tigelle 225
tire-sève 243
théier, *Camelia sinensis*
Tithonia sp. 307, 352
titre foncier 81, 85
toilettage 298
tomate, *Solanum lycopersicum* 207
topographie 58, 59
tornade 190
tos 75
tourbe 126
tournesol, *Helianthus annuum* 220
trachéomycose 408
traction animale 323
transect 66
translocation 261
transpiration 43, 214
treuil 310
trifoliolée 206
tripennée 206
tristeza 411
tronçonneuse 310
trouaison 311
tube digestif 37
tubercule 239
tubérisation 261, 282
tube pollinique 222
turricule 132
tuteurage 275
tuyau d'arpentage 338
type de sol 119
tysanoptère 404

U

unité de mesure 439
urée 368
Urena lobata 10

V

vaine pâture 82
vaisseau 216
variété 205, 208, 246
vent 190
- de sable 190

verger 102
ver 396
ver de terre 131, 397
Verticilium dahliae 217, 408
vie culturelle 44
vie du sol 107, 128, 374
vie économique 44, 52
vie sociale 44
Vigna unguiculata 211, 351, 362
virose 411
virus 411
virus auxiliaire 434
Vitex sp. 362
vivace 259
voandzou, *Voandzeia subterranea*
voie externe 415
voie interne 416

X

Xanthomonas 410
X. campestris 416
X. sagittifolium 362

Z

zaï 320
zéro labour 312
Zizyphus mauritania 362
Zizyphus mucronata 362
zone équatoriale 144
zone guinéenne 144
zone soudano-guinéenne 144
zone soudano-sahélienne 144
Zonocerus variegatus 428
zoochore 225

Table des matières

Partie 1 Champs et modes de production 7

Chapitre 1 Visites aux champs 7

Types de plantes 7
Méthodes et pratiques agricoles 8
Usage des produits agricoles 10
Concluons ces premières visites 11

Chapitre 2 Histoires de champs 11

Histoire d'un champ en région sèche soudano-sahélienne 11
Des éléments saisonniers 11
Successions des cultures saisonnières, rotations et assolements 13
Des éléments permanents 14
Des paysages en pleine évolution 14
Histoire d'un champ en région forestière humide 15
Une transformation permanente 15

Chapitre 3 Méthodes de culture 18

Comparaisons 18
Agricultures multiétagées fondées sur la biodiversité 20
L'agriculture multiétagée 20
Avantages des systèmes d'agriculture fondés sur la biodiversité 21
Difficultés liées à l'agriculture multiétagée 21
Les méthodes de culture pure 22
Principes de la culture pure 22
Culture pure, monoculture et filières 23
Modernisation de l'agriculture 25
Paquets technologiques 25
Modernisation à la recherche d'équilibres durables 25
Agricultures "traditionnelle" et "moderne": des différences? 26

Chapitre 4 L'agriculture: ses buts, ses moyens, ses limites 27

Ce que l'agriculteur veut faire 27
Ce que l'agriculteur peut faire 28
Ce qu'il ne peut pas faire 28
Conclusion 28

Chapitre 5 L'agriculture: une activité complexe 30

Systèmes agricoles 30
Les systèmes agricoles sont ancrés dans la vie économique, sociale et culturelle 32

Partie 2 Le milieu de vie rural 33

Chapitre 6 Le milieu vivant 37

Chapitre 7 Le milieu non vivant 41

Les besoins des plantes 41
Les plantes ont besoin de sol 41
Les plantes ont besoin de la lumière du soleil 42
Les plantes ont besoin d'air 42

Les plantes ont besoin d'eau 42
Les plantes ont besoin de chaleur 42
Des interactions très complexes *42*

Chapitre 8 Le milieu économique et social **44**

Aspects de l'économie familiale *45*
Dépendance des économies villageoises 45
L'entente et les conflits 49
Le milieu économique et social: un ensemble complexe 51
Questions autour des exploitations agricoles *54*
Questions d'économie 54
Questions de société 54

Chapitre 9 Les terroirs et leurs représentations **55**

Le relief de la terre *55*
Qu'est-ce que le relief? 55
Le relief des terres agricoles 55
Observons le relief de quelques terres cultivées 57
Bassins versants 57
Cartographie *58*
Types de cartes 58
Légende et échelle 58
Orientation de la carte 59
Comment établit-on les cartes? 59
Établir une carte pour les besoins communautaires 63

Partie 3 Organisation des terroirs et droits fonciers **67**

Chapitre 10 Quelques terroirs **67**

Occupation des terres et parcellaires *67*
Des limites visibles et non visibles 67
Représentation des parcellaires 68
Évolution des parcellaires 68
Difficultés liées à l'évolution du parcellaire 68
Un village dans la forêt camerounaise *69*
Terroirs collinaires chez les Bashi *70*
Droits d'usage précaires et semi-permanents 70
Comment améliorer la sécurité foncière *72*
Villages de savane en Afrique de l'Ouest *73*
Organisation fonctionnelle des terres 73
Gestion traditionnelle des terroirs 74
Parcellaires dans un paysannat *77*
Parcellaires dans les régimes de propriété privée *80*

Chapitre 11 Les droits fonciers **81**

Propriété et usage de la terre *81*
Droits de propriété 81
Droits d'usage 81
Droits fonciers coutumiers 82
Des conceptions différentes ou contradictoires du droit foncier 83
Évolution de la gestion foncière *84*
Codes et concepts issus de la colonisation 85
Évolution des droits fonciers et conflits *86*
Évolutions positives 86
Risques de conflits 87

Partie 4 Les arbres et l'agriculture familiale 88

Chapitre 12 Le rôle économique des arbres dans les exploitations familiales 88

Les arbres et l'économie familiale 88
Diversité des produits arboricoles 88
Modes d'exploitation des arbres 88
Haies et bocages multifonctionnels 91
Haies et clôtures vives 92
Intéresser la recherche aux espèces oubliées 92
Arbres en souffrance 94
Arbres combustibles 94
Le "modernisme" au détriment des arbres 95
Restriction de l'autorité terrienne traditionnelle 95
Pratiques destructrices 96
Le bois: un enjeu important pour les femmes rurales 99
Perspectives pour l'économie arboricole 100

Chapitre 13 Le rôle des arbres dans l'écologie des terroirs 105

Les avantages 105
Les inconvénients 108
Pratiques d'exploitation arboricole 108

Partie 5 Le sol 110

Chapitre 14 La composition du sol 111

La partie solide du sol 113
La fraction minérale 113
La fraction organique 116
La texture d'un sol 117
La structure d'un sol 117

Chapitre 15 Les couches du sol et du sous-sol 121

Sol, sous-sol et roche-mère 121
Sols profonds, sols peu profonds 123
Le sol, le sous-sol et les mouvements de l'eau 123
La latérisation des sols 126
Latérite et latérisation 126
La latérisation se passe sous nos yeux 126
Certaines carapaces latéritiques récentes sont récupérables 127
Conclusions relatives aux couches du sol 127

Chapitre 16 La vie du sol 128

Ce qui vit dans le sol 128
Les racines 128
Les termites et les fourmis 129
Les insectes, les larves, les limaces, les escargots 130
Les vers de terre 131
Les petits mammifères 132
Les champignons 132
Les micro-organismes du sol 133
Des parasites et des agents pathogènes 133
L'humus 134
La vie du sol est fragile 135
Faire vivre le sol: une préoccupation indispensable 138

Partie 6 L'eau et l'air en mouvement sur les terres 139

Chapitre 17 L'eau, un facteur de production essentiel 139

Mesurer les pluies 139
Les évolutions climatiques 144
Les ressources en eau du terroir et leur utilisation 145
Une réserve d'humidité: la matière vivante et ses déchets 145
Les qualités de l'eau 145

Chapitre 18 Les mouvements de l'eau dans le milieu 148

La pluie tombe sur le sol: splash et battance 148
L'eau de pluie ruisselle sur les terres en pente 149
Le ruissellement en nappe 149
Le ruissellement en rigoles ou ravines 152
L'érosion au détriment de l'agriculture 153
Quantités de terre transportées par l'érosion 153
L'eau des bas-fonds 155
L'évaporation de l'eau du sol et la transpiration des plantes 155
L'eau s'infiltre dans le sol 156
L'eau d'infiltration voyage dans la terre 156
L'eau d'infiltration entraîne des matières minérales et organiques 158
La remontée capillaire 159
Les inondations 159

Chapitre 19 Modifier les mouvements de l'eau 161

Lutter contre l'érosion 161
Quelles méthodes de lutte? 161
Éviter la battance directe des pluies sur le sol 162
Ralentir le ruissellement, forcer l'eau à s'infiltrer dans le sol 164
Limiter l'évaporation 177
Couverture végétale et arborée 179

Chapitre 20 Irriguer et drainer les cultures 180

Irriguer 180
Méthodes d'arrosage et irrigation 180
Choix de la méthode 181
Avantages et dangers 181
Drainer 187
Diversité des pratiques d'irrigation et de drainage 189

Chapitre 21 Les mouvements de l'air: le vent 190

Les vents 190
L'érosion éolienne 191
Le vent emporte le sol 191
Les causes de l'érosion éolienne 193
Comment se passe l'érosion éolienne? 194
Le vent emporte de l'eau 195
Combattre l'érosion éolienne 196
Brise-vent et arbres bocagers 196
Brise-vent herbacés 202
Autres techniques de lutte contre les vents 202
Limiter les effets du vent au-dessus des surfaces aquatiques 203
Combiner les luttes 203

Partie 7 Les plantes 204

Chapitre 22 Aspects de la botanique 204

Quelques définitions 204
La botanique 204
Noms vernaculaires, noms scientifiques 208
Noms des espèces 208
Noms des variétés 208
Des familles aux potentialités agricoles importantes 209
Les légumineuses: une famille importante pour l'agriculture 210
Caractéristiques botaniques des légumineuses 210
Fixation symbiotique de l'azote de l'air 212

Chapitre 23 Les plantes et leurs organes 212

Les organes des plantes 212
Les feuilles 214
Ce que les feuilles fabriquent 215
Tiges, branches, rameaux, pétioles, nervures 216
Les fleurs 217
Caractéristiques florales 217
La reproduction sexuée 221
Les facteurs et les agents de la pollinisation 222
Les fruits 225
Les graines 225
Constitution des graines 225
Germination épigée et hypogée 226
Les gènes 227
Les racines: centrales d'approvisionnement 228
Anatomie 228

Partie 8 Les semences agricoles 231

Chapitre 24 Les graines 231

Qu'est-ce qu'une bonne graine? 231
Comment disposer de bonnes graines à la ferme? 231
La sélection des graines 231
Pollinisation naturelle et artificielle 232
Choisir les plantes sur lesquelles on récolte les graines 233
Récolter les graines à maturité complète 233
Trier les graines 233
Nettoyer les graines 234
Sécher les graines 234
Conserver les graines dans de bonnes conditions 235
Veiller à l'énergie germinative des graines 237
Acheter des graines 238

Chapitre 25 Les semences végétatives 238

Les types de semences végétatives 238
Reproduction végétative naturelle 239
Reproduction végétative provoquée 239
Le bouturage 241
Le greffage 243
Reproduire par graines ou de façon végétative? 245

Chapitre 26 Les variétés agricoles 246
Caractériser les variétés agricoles 246
La sélection et l'amélioration des variétés 249
Types de sélection 249
Chapitre 27 Les semences et les exploitations familiales 251
Semences et systèmes d'exploitation 251
Exploitations familiales traditionnelles 251
Exploitations familiales moyennement intégrées 253
Exploitations entièrement intégrées commercialement 255
Évolutions dans le domaine des semences 256
Tendances "modernistes" 256
Biotechnologies et OGM 257
Partie 9 Cycles de vie et besoins des plantes 259
Chapitre 28 Les phases de la vie d'une plante 259
Plantes saisonnières, plantes vivaces ou pérennes 259
Cycle végétatif des plantes cultivées saisonnièrement 260
Cycle de vie des plantes pérennes ou vivaces 262
Cycle pluriannuel 262
Cycles saisonniers des espèces pérennes et plurisaisonnières 262
Diversité des cycles de vie 263
Cycle cultural 263
Chapitre 29 Les besoins des plantes en lumière 265
Capter la lumière 265
Espèces de lumière, espèces d'ombre 265
Comportements des plantes en fonction de la lumière 266
Les besoins en lumière selon les phases du cycle végétatif 268
La lumière et son énergie dans les champs 268
Dispersion de l'énergie lumineuse dans les champs de culture pure 269
Dispersion de l'énergie lumineuse en cultures étagées 269
Construction de champs multiétagés denses en fonction de la lumière 270
Pratiques agricoles liées à l'utilisation de l'énergie lumineuse 271
Tailles et élagages 274
Chapitre 30 Besoins en eau et agriculture sous pluie 278
Les besoins en eau des plantes 278
Calendriers agricoles 278
Ajustement des calendriers agricoles et pluviométriques 278
Premier exemple de calendrier agricole 284
Deuxième exemple de calendrier agricole 285
Calendriers lunaires 285
Calendrier des travaux et main-d'œuvre agricole 285
Partie 10 Racines dans le sol, travail du sol 288
Chapitre 31 Les racines 288
Observer les racines 288
Représentation des assiettes racinaires 288
Caractéristiques générales des racines 289
Les types de racines 290
Les collets 295
Évolution de l'enracinement dans le temps 295

Exploiter le volume de la couche arable 296
Système racinaire et repiquage 297
Racines adventives et buttage 298

Chapitre 32 Les racines transforment le sol 301

Le travail du sol par les racines 301
Les racines fabriquent le sol 301
Les racines divisent le sol 302
Les racines changent la composition et la structure du sol 302
La circulation de l'eau et de l'air autour des racines 303
Les cultures transforment le sol 304
Les jachères 304
Rotation des périodes de cultures et de jachères 304
La durée des jachères 306
Contrôler et améliorer l'efficacité des jachères 307
Le défrichage des jachères 308

Chapitre 33 Travailler le sol 311

Les labours 311
Pourquoi laboure-t-on? 311
Qu'est-ce qui détermine la façon de labourer? 312
Quelques pratiques de labour 313
Labour et humidité du sol arable 321
Le sous-solage 322
Les outils de labours 322
Outils manuels 322
Outils de traction animale 323
Outils motorisés 324
Questions sur la mécanisation des labours 325

Chapitre 34 Les dispositifs de culture 327

Écartements 327
Disposer les racines dans l'espace du champ 330
Disposer les organes aériens dans le volume du champ 331
Complantation ou culture pure? 333
Associer les espèces pour des raisons sanitaires ou écologiques 334
Dispositifs pratiques 335
Dispositifs au hasard 335
Poquets 336
Dispositifs ordonnés en lignes 337
Dispositifs en complantations 338
Dispositifs superposés 339
Dispositifs évolutifs en culture maraîchère 340
Conclusion 341

Partie 11 Nourrir le sol au bénéfice des plantes 342

Chapitre 35 Les aliments des plantes 342

De quoi les plantes se nourrissent et s'abreuvent 342
Atomes, molécules et sels minéraux 342
Où les plantes puisent-elles leurs aliments? 343
A quoi sert l'eau des plantes? 343
Les principaux atomes utilisés par les plantes 343
Les portes d'entrée 344
Le cycle de la matière vivante et des éléments minéraux 344
La décomposition des déchets végétaux 345
Exportation des éléments minéraux hors des champs 346

Chapitre 36 Les engrais organiques 348
Rôle et intérêt des engrais organiques 348
Qualité des engrais organiques 349
Produire de l'humus 351
Engrais verts 351
Qu'est-ce qu'un engrais vert? 351
Modes de cultures des engrais verts 351
Les arbres fertilitaires 354
Haies fertilitaires 355
Les jachères 357
Production biomassique 357
Les fumiers animaux 358
Le kraalage 358
La mise au piquet 359
La stabulation 359
Associer l'élevage fermier à l'agriculture 360
Le compost 363
Compostage à froid 363
Compostage à chaud 364
Méthodes d'application des engrais organiques 366
Chapitre 37 Les engrais minéraux 368
L'interminable agitation des ions: acidité et alcalinité 368
Les pH 369
Les engrais minéraux 370
Choix des engrais 373
Engrais et besoins alimentaires des plantes cultivées 376
Les besoins des plantes varient dans le temps 376
Bien utiliser les engrais minéraux 376
Fractionner la distribution des engrais 379
Utiliser les engrais minéraux n'est pas sans inconvénients 380
Partie 12 La santé des plantes 383
Chapitre 38 Maladies et parasites des plantes 383
Quelques définitions 383
Dégâts, ravages, attaques, incidence 383
Agent causal, agent vecteur ou propagateur 384
Symptômes et diagnostic 385
Complexes parasitaire et pathologique 385
Des dégâts sans parasites 386
Les dégâts dus au climat 386
Soif, noyade et malnutrition 387
Les mauvais traitements 388
Le feu 389
Ravageurs et parasites bien visibles 390
Animaux déprédateurs en divagation 390
Des plantes qui vivent ou se nourrissent d'autres plantes 391
Insectes et autres espèces de déprédateurs animaux 392
Les brouteurs, les broyeurs et les mineurs 392
Les piqueurs et ceux qui mordent 393
Les pollueurs 395
Et les autres 395

Les nématodes 395
Les vers 396
Insectes aux multiples tenues 396
Habitudes et ennemis 398
Cause directe, cause indirecte 399
Ombre ou soleil? Jour ou nuit? Pattes en bas, pattes en l'air? 400
Insectes et vers utiles 401
Mode de culture et promiscuité 401
Familles d'insectes et d'araignées *402*
Les parasites microscopiques *403*
Les champignons *405*
Les espèces de champignons sont très nombreuses 406
Comment se reproduisent les champignons? 408
Les bactéries *409*
Champignons et bactéries: plus de bons que de mauvais *410*
Les virus *411*
Comment les microbes pathogènes se propagent-ils? *412*
La transmission par contact 412
L'eau 413
Le vent 413
L'homme 413
Les microbes se déplacent-ils d'eux-mêmes? *414*
Conclusion *414*

Chapitre 39 Les luttes phytosanitaires 415

Luttes contre les ravageurs *415*
Luttes préventives et curatives 415
Lutte intégrée 415
Diagnostiquer avant de lutter 416
Luttes préventives *416*
Des mesures techniques 416
Réduire les stocks de germes ou de vecteurs 419
Veiller à la propreté et à la santé des semences 421
L'hygiène n'est pas tout 422
Luttes curatives et traitements phytosanitaires *422*
Lutter contre les maladies virales 424
Lutter contre les maladies bactériennes 424
Lutter contre les maladies causées par les champignons 424
Lutter contre les nématodes 425
Lutter contre les plantes adventices et les plantes parasites 426
Lutter contre les insectes ravageurs 426
Lutter contre les oiseaux ravageurs des cultures 427
Lutter contre les myriapodes (mille-pattes) 428
Lutter contre les criquets 428
Lutter contre les limaces 429
Lutter contre les termites 429
Lutter contre les petits mammifères sauvages ravageurs des cultures 429
Lutter contre la divagation des animaux domestiques 430
Lutter contre les grands mammifères sauvages ravageurs des cultures 430
Lutter contre les maladies dues à la salinité du sol 430
Lutter contre les maladies de la malnutrition 431
Lutte biologique *431*
Produits biologiques 432
Auxiliaires de culture 433

Partie 13 Ce que l'agriculture familiale rapporte 435

Chapitre 40 Les unités de mesure 435

Les mesures de longueur 436
Les mesures de surface 436
Les mesures de volume 437
Les mesures de poids 437

Chapitre 41 Production et rendement 439

La production 439
Produits et sous-produits 439
Unités de mesure de la production 439
Comparer les résultats 439
Le rendement 440
Mesurer et calculer 440
Le rendement financier 441
Les comptes de l'exploitation 442
Première approche d'un compte d'exploitation 442
Deuxième approche du compte d'exploitation 443
Comparaison de comptes d'exploitation 444
Loi des rendements décroissants 447

Chapitre 42 Les rendements alimentaires 449

La valeur des aliments 449
Qu'est-ce qui fait la différence entre les aliments? 449
Les tables alimentaires 451
Les rendements alimentaires 451
Calcul des rendements alimentaires 451
Calcul des rendements alimentaires en cultures associées 453
Comparaison des méthodes culturales 453
Un néré ou un poulailler? 454
Les légumineuses et les rendements alimentaires 456
Le calcul économique: une méthode pour décider 458

Annexes 459

Tables alimentaires 459

Bibliographie 461

Index 465

Table des matières 470

Crédits photos: Terres et Vie, Alain Autrique, Léon Bourdouxhe, Dominique Soltner, Gilbert Garot
Illustrations graphiques: Hugues Dupriez, Guide Clause, Michel Arbonnier, E. Buyckx
Mise en page: Terres et Vie - Traitement de la photographie: La Belle Verte
Nouvelles imprimeries Havaux - Nivelles - Belgique
Dépot légal D/2007/3319/1 - Copyright © H.Dupriez
ISBN 2-87105-021-X (Terres et Vie)
ISBN 92-9081-3010-5 (CTA)

Terres et Vie

www.terresetvie.com
terres.et.vie@linkline.be

Une collection d'ouvrages ayant trait à l'agriculture africaine, destinée aux techniciens et aux pédagogues

agronomie, biologie, écologie et environnement, technique agricole, santé des plantes cultivées, moyens naturels disponibles dans les terroirs, économie et sociologie agraires, pédagogie rurale



- décrire et interpréter les réalités techniques et culturelles rencontrées dans les exploitations agricoles,
- offrir aux différents niveaux de l'enseignement, élémentaire, secondaire et technique, une documentation à caractère pédagogique,
- participer à la construction d'un environnement culturel adapté aux programmes d'alphabétisation et d'éducation de base, à partir d'approches techniques, économiques et sociales liées à la vie des communautés agraires,
- diffuser dans ces communautés, par l'intermédiaire d'écrits adaptés, les savoirs utiles accumulés tant par la recherche scientifique que par les savoirs paysans,
- participer aux efforts visant le développement de l'autosuffisance alimentaire d'une part, de l'économie d'échange des produits agricoles d'autre part.

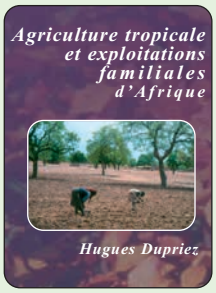
Une grande attention est accordée aux caractéristiques pédagogiques des textes:

- le langage est clair et compréhensible par un public large allant des cultivateurs lettrés aux enseignants, aux élèves de l'enseignement secondaire et technique, aux ingénieurs et cadres ruraux,
- les illustrations graphiques et photographiques sont multiples. Toutes concernent spécifiquement, les contextes africains,
- les textes, adaptés à ce que l'on rencontre sur les terroirs et dans les exploitations familiales, sont facilement utilisables pour concevoir des leçons d'alphabétisation. Ils peuvent faire l'objet de traductions en langues nationales ou locales,



- un effort didactique important est réalisé: textes, photos et schémas s'appuient mutuellement. Plusieurs niveaux de lecture sont rendus possibles grâce à l'animation des textes eux-mêmes et à la mise en valeur des légendes encadrant les photos et les tableaux.

Tous les livres de Terres et Vie disposent de lexiques et d'index permettant de se repérer aisément dans le corps des chapitres.



Agriculture tropicale et exploitations familiales d'Afrique

Hugues Dupriez

480 pages couleurs, 21x27 cm, 1110 ill., 2007 - ISBN 2-87105-021-X - ISBN 92-9081-310-5

Ce livre est destiné aux enseignants, aux techniciens et cadres ruraux, au personnel des projets agricoles des campagnes ou des villes, qui s'intéressent aux agricultures tropicales africaines telles qu'on les rencontre dans les fermes familiales.



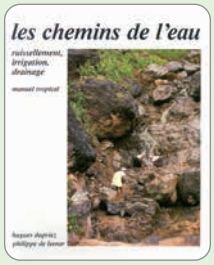
Jardins et vergers d'Afrique

Hugues Dupriez et Philippe De Leener

also in english

354 p., 21x27 cm, 743 ill., ISBN 2-87105-005-8, 2e édition,2009

Ce sont les jardins, les vergers, les maraîchages, qui fournissent les multiples produits complétant harmonieusement les aliments de base récoltés dans les grands champs. La diversité en plus, celle qui fait que l'alimentation humaine soit aussi source de santé.

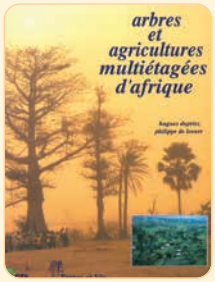


Les chemins de l'eau: ruissellement, irrigation, drainage (manuel tropical) - Hugues Dupriez et Philippe De Leener

also in english

380 p., 21x27, 607 ill., ISBN 2-87105-009-X, 2e édition, 2003

Comment l'homme peut-il apprivoiser cette matière à la fois si rare et si abondante qu'est l'eau? Se protéger contre les dégâts causés par sa violence? Se prémunir contre la sécheresse ou contre l'inondation?



Arbres et agricultures multiétagées d'Afrique

Hugues Dupriez et Philippe De Leener

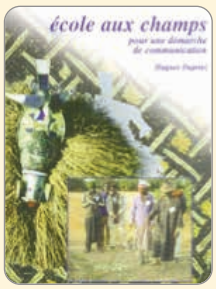
also in english

280 p., 21x27, 280 ill., ISBN 2-87105-012-0 - ISBN 92-9081-100-5, 1993

L'agriculture multiétagée intègre dans l'exploitation agricole les divers aspects d'une bonne gestion des ressources de terroir. Elle privilégie l'écologie et la biologie des espèces végétales, animales et microbiennes. Elle évite les dépendances économiques lourdes et destructrices pour les familles rurales.

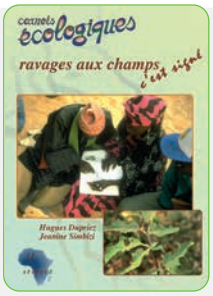
Ecole aux champs, pour une démarche de communication

Hugues Dupriez et al.



272 p., 21x27 cm, 110 ill. couleurs, ISBN 2-87105-19-8, 1999

Mettre le geste au service du savoir, inscrire la science dans le terreau du quotidien communautaire: "École aux champs" est un outil qui aide à comprendre le monde paysan et les contraintes qui pèsent sur lui. Il propose une méthode pour mesurer et mettre en avant la somme de connaissances accumulées qui ont nourri, et qui nourrissent encore, les peuples d'Afrique, même lorsqu'elles sont mises à mal.



Ravages aux champs: c'est signé

Hugues Dupriez et Jeanine Simbizi

116 p. couleurs, 16x23 cm, 219 ill., ISBN 2-87105-017-1, 2000

Lutter pour la santé des cultures est une préoccupation constante de l'agriculteur: il crée un environnement favorable, il protège ses plantes, les soigne lorsqu'elles sont malades. Il limite les dégâts des ravageurs par toutes sortes de méthodes et de remèdes.



Champs et jardins sains, lutte intégrée

Hugues Dupriez, Niyonzima Silas, Jean Colin

240 p. couleurs, 16x23 cm, 302 ill., 2001

ISBN 2-87105-020-01 - ISBN 92-9081-247-8

Sur les plantes cultivées, les ravageurs et les maladies sont innombrables et diversifiés. A chaque type de dégâts ou de troubles, il faut opposer une lutte particulière. Le livre traite des signes et des symptômes qui permettent de déterminer les causes ou de traquer les responsables des dégâts.

catalogue complet et prix sur www.terresetvie.com

Pour la sécurité alimentaire: développer la documentation agricole et la lecture dès l'école élémentaire et secondaire

CTA

Ce livre est destiné aux enseignants, aux techniciens et cadres ruraux, au personnel des projets agricoles des campagnes ou des villes qui s'intéressent aux agricultures tropicales africaines telles qu'on les rencontre dans les fermes familiales.

Priorité est donnée à la connaissance fondamentale, celle qui permet d'interpréter ou d'expérimenter les modes de production ou les pratiques agricoles. L'explication est concrète et constamment développée à travers les illustrations photographiques, les figures et les tableaux. Les aspects pédagogiques ont été soigneusement étudiés.

En vue de comprendre ce qui se passe dans les exploitations familiales, on évite de privilégier les théories ou les méthodes dites "modernistes". Celles-ci prennent leur place dans les explications, au même titre que les pratiques traditionnelles.

Les techniciens soucieux de dialoguer en profondeur avec les cultivateurs et les cultivatrices, dans les villages et les jardins urbains, trouveront ici une mine d'informations leur permettant d'interpréter leurs observations et leurs pratiques. Dans les cycles généraux et les instituts agricoles, les enseignants trouveront dans ces pages les illustrations de leurs matières dans le domaine agricole. Les agronomes auront également du grain à moudre s'ils veulent rafraîchir quelque peu leurs connaissances fondamentales en vue de les mettre en relation avec les situations concrètes qu'ils rencontrent sur le terrain.

Ce livre, généraliste, est complété par d'autres ouvrages de la collection Terres et Vie qui traitent plus largement d'aspects pratiques liés aux productions maraîchères, à la gestion de l'eau agricole, aux arbres, aux agricultures multiétagées, aux questions phytosanitaires, et aussi à la communication en milieu paysan.



Terres et Vie

rue Laurent Delvaux 13
1400 Nivelles - Belgique
Tél. et fax: + 32 (0)67 217 149
terres.et.vie@linkline.be
http://www.terresetvie.com

Diobass écologie et société

La coopération belge au développement .be

CTA

ISBN 2-87105-021-X

ISBN 92-9081-310-5



Terres et Vie

www.terresetvie.com
terres.et.vie@linkline.be

Tous les livres-papiers et documents figurant sur le catalogue peuvent être obtenus à l'adresse

Terres et Vie, 13 rue Laurent Delvaux, 1400 Nivelles, Belgique.

La liste des prix se trouve sur le site internet www.terresetvie.com.

Les informations et les commandes peuvent être envoyées par courrier postal, par fax au n° 0032 67 217 149, par email à l'adresse terres.et.vie@linkline.be.

Un facture pro forma stipulant la valeur d'achat, ainsi que les frais d'envoi et de banque est envoyée sur demande.