

# Les plantes textiles

À partir des contributions de M. Cretenet (CIRAD),  
J.C Follin (CIRAD), B. Hau (CIRAD), C. Hekimian Lethève (CIRAD),  
E. Jallas (CIRAD), A. Renou (CIRAD)

- > L'abaca
- > Le kenaf
- > La roselle
- > Le cotonnier
- > La ramie
- > Les rotins
- > Le jute
- > Le raphia
- > Le sisal
- > Le kapokier
- > Le rônier

## LES PRINCIPALES FIBRES TROPICALES

---

### ● *La diversité des fibres tropicales*

#### ● **Les principales familles botaniques**

Les fibres végétales proviennent de familles botaniques très diverses. On y trouve des plantes herbacées ou ligneuses, annuelles ou pérennes, des monocotylédones et des dicotylédones.

#### ● **Les monocotylédones**

- > *Agavaceae* : sisal, henequen, fique, etc.
- > *Amaryllidaceae* : genre *Furcraea* dont le chanvre de Maurice
- > *Broméliaceae* : ananas
- > Graminées : alfa, sorgho, sparte, etc.
- > *Liliaceae* : phormium, aloé, yucca, etc.
- > *Musaceae* : abaca.
- > Palmiers : crins végétaux, doum, raphia, rotin, coïr, etc.

#### ● **Les dicotylédones**

- > *Asclépiadaceae* : soie végétale (genre *Asclepia*)
- > *Bombacaceae* : kapok (genres *Ceiba* et *Bombax*)
- > Légumineuses : genêt, crotalaire, *Sesbania*, etc.
- > *Malvaceae* : cotonnier, kenaf, roselle, urena, etc.
- > *Sterculiaceae* : abrome
- > *Tilliaceae* : genre *corchorus* dont le jute
- > Urticales (*Urticaceae* et *Moraceae*) : ramie, mûrier à papier, chanvre, etc.

Cependant, pour une classification plus commode, on utilise habituellement deux critères : la partie du végétal qui donne naissance aux fibres et leur utilisation pratique.

## ● L'origine des fibres

Suivant la classification morphologique, on peut définir cinq grandes classes :

- > les fibres dont l'origine est dans l'épiderme des graines (coton) ou des parois internes des fruits (kapok). Chaque fibre est constituée d'une seule cellule longue et étroite ;
- > les fibres libériennes qui représentent la classe la plus importante des fibres végétales, hormis celle du cotonnier. Il s'agit des fibres du lin, du chanvre, du jute, du kénaf, de la roselle, de la ramie, etc. Ce sont des fibres longues, généralement composées de plusieurs cellules peu ou pas lignifiées, appelées également " fibres douces " ;
- > les fibres obtenues des feuilles et qui font partie du système vasculaire. Elles sont principalement représentées par le sisal et le chanvre de Manille (Abaca) ; on peut citer également le henequen, les *Furcraea* et le *Phormium tenax*. Ce sont des fibres longues lignifiées dites " fibres dures " ;
- > les fibres issues du bois d'arbres destinées à la production de pâte à papier ;
- > les fibres diverses comme celles issues de la gaine de la base des feuilles de palmiers, de l'enveloppe fibreuse de la noix de coco (coïr), de la tige de certains sorgho, etc..

## ● L'utilisation des fibres

En se fondant sur leur utilisation, on peut regrouper les fibres végétales en six groupes :

- > les fibres textiles (coton, lin, ramie, jute, kénaf, etc.) ;
- > les fibres de corderie (sisal, abaca, henequen, etc.) ;
- > les fibres pour les tapis et les brosses (essentiellement la fibre de coco) ;
- > les fibres pour le rembourrage (kapok, crin végétal) ;
- > les fibres pour la pâte à papier (arbres) ;
- > les fibres diverses comme celles du raphia pour des liens, ou celles utilisées pour la fabrication de chapeaux (Panamas).

## ● Les caractéristiques physiques des fibres

La fibre botanique ou fibre élémentaire est constituée par une cellule allongée dont les parois cellulodiques sont plus ou moins lignifiées. La fibre technique ou fibre industrielle est le produit traité utilisé par l'industrie qui peut être constitué de la fibre élémentaire (coton, kapok, ramie) ou par plusieurs fibres élémentaires soudées entre elles.

Les fibres industrielles sont classées à partir de trois caractéristiques :

- > *indice de rigidité* : il est fonction du temps mis par une mèche pour retrouver une forme normale après une torsion de quinze tours. Il varie de 1,2 (lin) à 4 (cocos). A partir de 1,6 à 1,8, il faut assouplir pour le tissage (ensimage). Au-delà de 1,8 les fibres sont utilisées en corderie ;

- > *finesse ou numéro métrique* (Nm) : c'est le rapport de la longueur sur le poids. Plus il est élevé plus la fibre est fine ;
- > *longueur de rupture* : longueur d'une fibre ou d'un fil supposé indéfini qui se romprait sous son propre poids. Plus le chiffre est élevé, plus la fibre est résistante.

**Tableau 1. Caractéristiques générales des principales fibres longues**

	Fibres botaniques		Fibres techniques			
	Diamètre (microns)	Longueur moyenne (mm)	Longueur moyenne (m)	Finesse (Nm)	Indice de rigidité	Longueur de rupture (km)
Chanvre	20	28	1,2/2,2	200/250	1,4	55-65
Jute	18	2	1,5/2,5	250/300	1,6	30-35
Kénaf	18	8	1,2/1,8	100/300	1,8	30-35
Ramie	40/55	160	0,2/0,4	2000/2550	1,4	55-60
Sisal	24	2,5	0,5/1,0	30/35	2,3	45-55
Abaca	24	6	2,0/2,5	30/50	2,5	50-80
Cocos (coir)	20	0,7	0,1/0,3	15/20	4,3	15

## L'ABACA

*Musa textilis* Nee

Français : abaca, chanvre de manille

Anglais : manila hemp

Espagnol : abaca

Famille des Musaceae

### ● La plante et ses utilisations

Le genre *Musa* comprend 60 à 80 espèces (dont le bananier) et toutes sont susceptibles de produire des fibres. Cependant seule l'espèce *Musa textilis* est cultivée pour une production organisée de fibres. Cette fibre appartient, comme celle du sisal, à la catégorie des fibres longues lignifiées, dites aussi fibres dures. Son élasticité et sa grande résistance à la rupture et à la corrosion par le sel en ont fait une fibre très utilisée pour les cordages de marine et les filets de pêche. Les fibres les plus courtes sont souvent utilisées pour la fabrication de papier, en particulier pour les billets de banque.

L'abaca est originaire des Philippines où il est cultivé traditionnellement pour la fibre. La culture a peu essaimé en dehors de cette zone, et l'Equateur est le seul autre pays où la production est importante. La culture de l'abaca demande des conditions tropicales humides strictes, avec des pluies abondantes réparties sur toute l'année, sans sécheresse excédant quatre à six semaines et une température moyenne de l'ordre de 27°C.

### ● La culture

La plante se présente sous la forme d'une touffe de dix à vingt pseudo-troncs pouvant atteindre 4 à 7 m. De nombreuses variétés existent et sont choisies selon que l'on

privilégie la production, le pourcentage de fibres, la précocité où la facilité d'extraction des lanières. La plante se propage par bouturage de racines ou par la plantation de rejets. Les densités de plantation vont de 1000 à 1500 touffes à l'hectare.

L'exploitation commence après trois à quatre ans de culture : les pseudo-troncs arrivés à maturité sont coupés, débarrassés des feuilles et laissés à fermenter quelques jours. Les fibres sont obtenues par division des gaines en lanières et élimination du parenchyme par raclage manuel au couteau. Les opérations de défibrage sont généralement mécanisées, au moins partiellement. L'exploitation dure de sept à quinze ans, suivant les conditions et les variétés.

Aux Philippines, la plante est sensible à une mosaïque transmise par les pucerons et à la fusariose du bananier (*Fusarium oxysporum* var. *cubense*). En Amérique latine, les nématodes libres (*Pratylenchus musicola*) causent des dégâts. Le ravageur principal, dans toutes les zones de culture, est un insecte foreur de tige, *Cosmopolites sordidus*.

La production mondiale de chanvre de Manille est en décroissance lente, elle était en 1998 de 90 000 dont 65 000 t pour les Philippines et 23 000 t pour l'Equateur où la production, à l'inverse de la tendance générale, est en croissance régulière depuis 1970.

## LE COTONNIER

---

Espèces : *G. herbaceum*, *G. arboreum*, *G. hirsutum*, *G. barbadense*

Anglais : cotton

Espagnol : algodón

Portugais : algodao

Famille des *Malvaceae*, Tribu : hibisceae, Genre : *Gossypium*

### ● Les utilisations du cotonnier

Le cotonnier produit une fibre, le coton (ou *lint*), qui est une cellule très allongée du tégument de sa graine, recouverte de cellulose. Cette fibre est utilisable en filature puis en tissage dans l'industrie textile. En pharmacie, elle sert à la confection de l'ouate hydrophyle.

Le tégument de la graine peut porter également des poils très courts (dénommés duvet, ou *linter*) qui ne sont pas séparés de la graine au moment de l'opération de transformation du coton-graine (égrenage). Ces fibres courtes, qui doivent être récupérées par un procédé supplémentaire (délintage mécanique), servent de matière première à l'industrie chimique de la cellulose (vernis, celluloïd, nitro-cellulose, etc.).

L'amande de la graine est riche en huile et en protéines : après élimination du gossypol, composé toxique, les graines fournissent une huile alimentaire de très bonne qualité. Les tourteaux sont généralement utilisés dans l'alimentation des ruminants. Lorsqu'ils proviennent des variétés dépourvues de gossypol (variétés *glandless*), ils peuvent être utilisés pour l'alimentation des animaux monogastriques ou transformés en farines, concentrats ou isolats de protéines, pour l'alimentation humaine. La protéine des graines de coton pourrait être également utilisée dans la fabrication de films biodégradables : emballage, plastisemis, peaux artificielles.

La coque de la graine sert de combustible pour la production d'énergie électrique.

## ● **La plante et son environnement**

### ● **La plante**

#### ● **L'origine et la diversification des espèces**

Les cotonniers appartiennent au genre botanique *Gossypium* L. qui comprend une quarantaine d'espèces diploïdes ( $2n = 2x = 26$ ) et six espèces tétraploïdes ( $2n = 4x = 52$ ). À partir d'études cytologiques et botaniques, les espèces diploïdes ont été regroupées en sept classes génomiques, baptisées de A à G. Ces espèces sont en général inféodées à des écosystèmes tropicaux arides ou semi-arides. Seules quatre espèces ont été domestiquées et sont cultivées pour leur fibre : deux diploïdes de génome A, *G. herbaceum* et *G. arboreum*, et deux tétraploïdes de génomes AD, *G. hirsutum* et *G. barbadense*. *G. hirsutum* assure 90 % de la production mondiale de coton. *G. barbadense*, cotonnier à qualité de fibre supérieure (soies longues et fines) assure un peu plus de 5 % de la production. Les deux espèces diploïdes *G. herbaceum* et *G. arboreum* représentent ensemble moins de 5 % de la production et leur fibre, courte et épaisse, n'est utilisée qu'artisanalement.

Les centres de diversification des espèces de cotonnier sont la presqu'île du Yucatan (Mexique et Guatemala) pour *G. hirsutum*, les contreforts andins de l'Équateur et du Pérou pour *G. barbadense*, et le Sud de l'Afrique pour *G. herbaceum*, cette espèce ayant été domestiquée probablement dans le Sud de l'Arabie. *G. arboreum* serait apparu au moment de l'extension de *G. herbaceum* vers l'Inde. Les origines géographiques de ces espèces ont valu les dénominations de *cotonniers de l'ancien monde* aux types diploïdes et *cotonniers du nouveau monde* aux tétraploïdes.

Les premiers cotonniers cultivés étaient photopériodiques et conduits de façon pérenne. Le développement des formes modernes, annuelles et insensibles à la photopériode, a permis l'extension de la culture dans des zones plus septentrionales.

#### ● **La morphologie**

Le cotonnier est une plante arbustive. Sa partie aérienne est constituée d'une tige principale à croissance continue (monopodiale) qui émet deux types de rameaux : à la base de la plante, des branches végétatives, à croissance monopodiale, qui ne portent pas directement de capsules mais émettent des rameaux secondaires fructifères ; au-dessus, des branches fructifères à croissance discontinue (sympodiale), qui portent des capsules. Suivant les espèces, les variétés et les conditions d'environnement, la part de la production de coton-graine portée par ces deux types de branches est variable.

#### ● **La croissance et le développement**

Le cotonnier est une plante à croissance indéterminée, c'est-à-dire qu'il installe des fruits (capsules) en même temps qu'il assure sa croissance végétative. Il en résulte une compétition au cours de la croissance pour l'allocation des produits de la photosynthèse entre le développement reproducteur et le développement végétatif. Au fur et à mesure que la plante avance en âge, les organes reproducteurs mobilisent de plus en

plus d'assimilats jusqu'à ce que le développement végétatif s'arrête pour permettre la maturation complète des capsules. Ce stade est désigné par le terme de *cut out*.

Pour décrire la croissance du cotonnier, on distingue quatre étapes (les chiffres entre parenthèses indiquent les fourchettes de durée observables chez *G. hirsutum*) :

- > le stade de la levée, du semis à l'étalement des cotylédons (six à dix jours en conditions normales d'humidité) ;
- > le stade végétatif, de la plantule jusqu'à l'ouverture de la première fleur (de quarante à soixante jours) ;
- > le stade reproductif, du début de la floraison jusqu'au *cut out* (de quarante à cinquante jours) ;
- > le stade de maturation, du *cut out* à la fin de l'ouverture des capsules (cinquante à quatre-vingt jours).

Pour déterminer la date du *cut out*, la technique la plus usitée est de suivre l'évolution du nombre de nœuds au dessus de la dernière fleur blanche en première position des branches fructifères. Lorsque ce paramètre est égal à cinq (ou quatre en cas de traitement avec des régulateurs de croissance), on estime que le *cut out* est atteint. L'ouverture des capsules commence environ quinze à vingt cinq jours après le *cut out*.

### ● **Les variétés**

L'autogamie est prépondérante chez le cotonnier. La structure variétale habituellement sélectionnée est donc la lignée pure. L'allogamie étant possible et des effets d'hétérosis pouvant être mis en évidence, des hybrides réalisés manuellement sont proposés dans certains pays à faible coût de main-d'œuvre (Inde, Vietnam).

La longueur du cycle, les caractéristiques morphologiques (port, pilosité, forme et couleur des feuilles et des capsules, taille des graines et présence de glandes à gossypol), les résistances aux maladies, le potentiel productif et les principales caractéristiques technologiques (rendement égrenage, longueur, ténacité, finesse) sont utilisés pour décrire les variétés.

#### **Les variétés cultivées de *G. hirsutum***

Elles produisent une soie de longueur moyenne à importante (entre 27 et 32 mm) et ont une durée de cycle allant de 120 à 180 jours. Leur base génétique est étroite. La plupart des variétés modernes sont issues de croisements entre variétés d'origine américaine à deux exceptions près : les sélections réalisées en Afrique et en Inde qui ont croisé les sélections américaines avec des formes dispersées au 17<sup>ème</sup> siècle (types *N'Kourala* en Afrique de l'Ouest, type *Cambodia* en Inde). Dans les années 50, le recours à l'hybridation interspécifique a élargi également la base génétique (croisements HAR, ATH). Il existe aujourd'hui probablement plus de 200 variétés cultivées de *G. hirsutum* de par le monde.

Aux États-Unis, elles sont classées suivant leur précocité :

- > très précoces : *DP20, Mac Nair 220, Ston 907, Tamcot, Coker* ;
- > moyennement précoces : *DES119, DP51, Mac Nair 235, Ston 453* ;
- > tardives : *DP5415, DP5690, DP90, Types Acala*.

Bien que le développement du cotonnier soit par nature de type indéterminé, les Américains distinguent les variétés à cycle déterminé qui marquent une pause de croissance nette au moment du *cut out* (*DP50*, *DP20*, *DP51*), des variétés à cycle indéterminé qui marquent une pause moins perceptible (*Mac Nair 220*, *Mac Nair 235*, *DP5415*, *DP90*). En Europe, des variétés très précoces ont été créées : *Pavlikeni73*, *Beli Izvor*.

En Afrique de l'Ouest et du Centre, les variétés sont pileuses, de type tardif, à cycle indéterminé, avec des branches végétatives relativement développées (*STAM 18*, *STAM 42*, *F 135*, *IRMA BLT-PF*, *NTA 88-6*). Utilisant le même germplasma africain, des sélections en Amérique du Sud ont abouti à des types moins végétatifs et plus précoces (*GUAZUNCHO 2*, *CHACO 520*, *LAN 338*, *CD 401*, *CA 222*, *CA 223*, *CA 331*) et d'autres en Asie du Sud-Est à des variétés supportant le manque d'ensoleillement (*SSR60* en Thaïlande).

Certains caractères particuliers ont été introduits dans des variétés cultivées, tels les caractères *Okra* (feuilles très découpées) en Australie (*Si Okra L22*, *Si Okra L23*), *nectariless* aux Etats-Unis (*Ston 825*, *Ston 907*) ou *glandless* en Afrique (*GL7*).

Depuis 1996, des variétés transgéniques confèrent de nouvelles propriétés de résistance à des insectes ou des herbicides (*Bollgard®*, *Roundup Ready® de Monsanto*, *BXN® de Calgene*). La sélection moderne vise aujourd'hui à créer des cotonniers à cycle plus court et à meilleur indice de récolte (pourcentage du poids de coton graine rapporté au poids de la biomasse).

### Les variétés cultivées de *G. barbadense*

Elles fournissent les plus beaux cotons. Ceux-ci sont généralement destinés à des usages particuliers (bonneterie, produits de luxe). Elles se distinguent de *G. hirsutum* par un cycle plus long (180 à 230 jours), des feuilles plus grandes aux lobes plus échancrés, des pétales jaunes possédant une macule rouge à leur base et des graines nues (sans linter).

Les variétés *Sea Island* des Barbades sont celles qui produisent la fibre la plus longue (supérieure à 40 mm). Les variétés de type Egyptien (*GIZA 75*), cultivées avec irrigation dans les zones désertiques, fournissent une fibre classée extra longue et très fine. Les types *Tanguis* cultivés au Pérou possèdent des fibres longues associées à de fortes maturités et de faibles finesses. Les types *Pima*, sélectionnés aux Etats-Unis en intégrant *G. barbadense* avec des variétés de *G. hirsutum* ont permis de raccourcir le cycle (*PIMA S6* type précoce). Dans le Nordeste du Brésil, les cotonniers *Moco*, cultivés de façon pérenne, sont probablement issus aussi d'hybridations interspécifiques naturelles avec des types *Marie Galante* de *G. hirsutum*.

### Les variétés cultivées des espèces diploïdes *G. herbaceum* et *G. arboreum*

Elles fournissent une fibre courte (20 à 23mm) et épaisse. Elles ont fait l'objet de peu de travaux de sélection et résultent souvent de germplasmes conservés par les agriculteurs eux-mêmes (types *Boumi* pour *G. herbaceum*, types *Desi* pour *G. arboreum*). Une sélection sur *G. arboreum* en Inde a produit de nouveaux cultivars parvenant au niveau des *G. hirsutum* les plus courts.

## ● L'écologie du cotonnier

### ● La température

La croissance végétative et le développement des organes reproducteurs sont fortement influencés par la température. Le rythme d'apparition des organes est généralement exprimé suivant une échelle de somme de températures au cours du cycle de production. On peut ainsi définir les besoins moyens en somme de températures pour que le cotonnier accomplisse son cycle.

#### La somme des degrés-jours (DJ)

Elle représente la somme des différences quotidiennes entre la température moyenne et la température à laquelle le cotonnier arrête sa croissance (13°C). Elle se calcule selon la formule :

$$\Sigma DJ = \Sigma \left( \frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - 13 \right), \text{ avec } DJ > 0.$$

Par exemple, pour *G. hirsutum* en base 13°C :

- levée : 35 à 40 DJ ;
- du semis à la première fleur : 530 à 650 DJ ;
- de la première fleur à la première capsule ouverte : 600 à 750 DJ ;
- cycle complet : 1 450 à 1 600 DJ.

Le cotonnier aime la chaleur mais il peut être acclimaté partout où le nombre de jours sans gelée est supérieur à 200 et où la somme de températures en été est suffisante. On le trouve ainsi dans la zone tropicale (Amérique du Sud et Centrale, Afrique, Inde, Pakistan, Asie du Sud-Est), dans les zones désertiques où une irrigation peut être apportée (Moyen Orient, Asie centrale), et jusque dans les zones tempérées (États-Unis, Chine, Europe). Il est ainsi cultivé sur une très vaste zone allant du 47<sup>ème</sup> degré de latitude Nord (Sin-Kiang en Chine) au 32<sup>ème</sup> degré de latitude Sud en Australie.

### ● L'eau

L'alimentation en eau est un facteur important de la croissance du cotonnier. Les besoins en eau du cotonnier sont d'au moins 500 mm durant la saison de culture. Le déficit hydrique perturbe moins le développement reproducteur et la croissance des capsules que l'expansion foliaire, la rétention des organes reproducteurs et la croissance végétative. Il peut avoir une influence négative sur la qualité de la fibre.

Le cotonnier est très sensible à l'anoxie et un excès d'humidité peut être particulièrement néfaste. Des périodes trop longues d'humidité relative supérieure à 90 % peuvent affecter la fécondation et provoquer d'importantes chutes de rendement. Un mauvais drainage ou l'inondation des parcelles sont à éviter.

### ● L'ensoleillement

L'ensoleillement est un facteur primordial de développement de la culture, surtout au cours de la phase de développement du système reproducteur : une réduction même légère de l'ensoleillement a un effet défavorable sur la croissance et la rétention des organes reproducteurs. L'activité photosynthétique maximale correspond à 30 MJ/m<sup>2</sup>/jour, alors que les valeurs enregistrées par exemple au Mali en août-septembre sont de l'ordre de 20 à 22 MJ/m<sup>2</sup>/jour.

### ● **Le sol**

Le cotonnier préfère les sols homogènes, profonds, perméables et riches en éléments minéraux majeurs et secondaires (S, Mg...) et en oligoéléments (B, Zn...). Le pH optimum des sols se situe entre 6 et 7 et ne doit pas être inférieur à 5. Le cotonnier s'accommode des sols salins, surtout *G. barbadense*. Cependant au-delà d'une concentration en sel de 2/1 000 le rendement est affecté.

### ● **La culture du cotonnier**

#### ● **Les grands systèmes de culture**

Il existe tous les niveaux d'intensification possible, de la monoculture complètement mécanisée avec apport important d'intrants dans le cadre d'exploitations de grande taille, jusqu'à l'agriculture familiale de petite taille, où les opérations culturales sont complètement réalisées à la main ou avec la traction animale, avec un apport limité d'intrants.

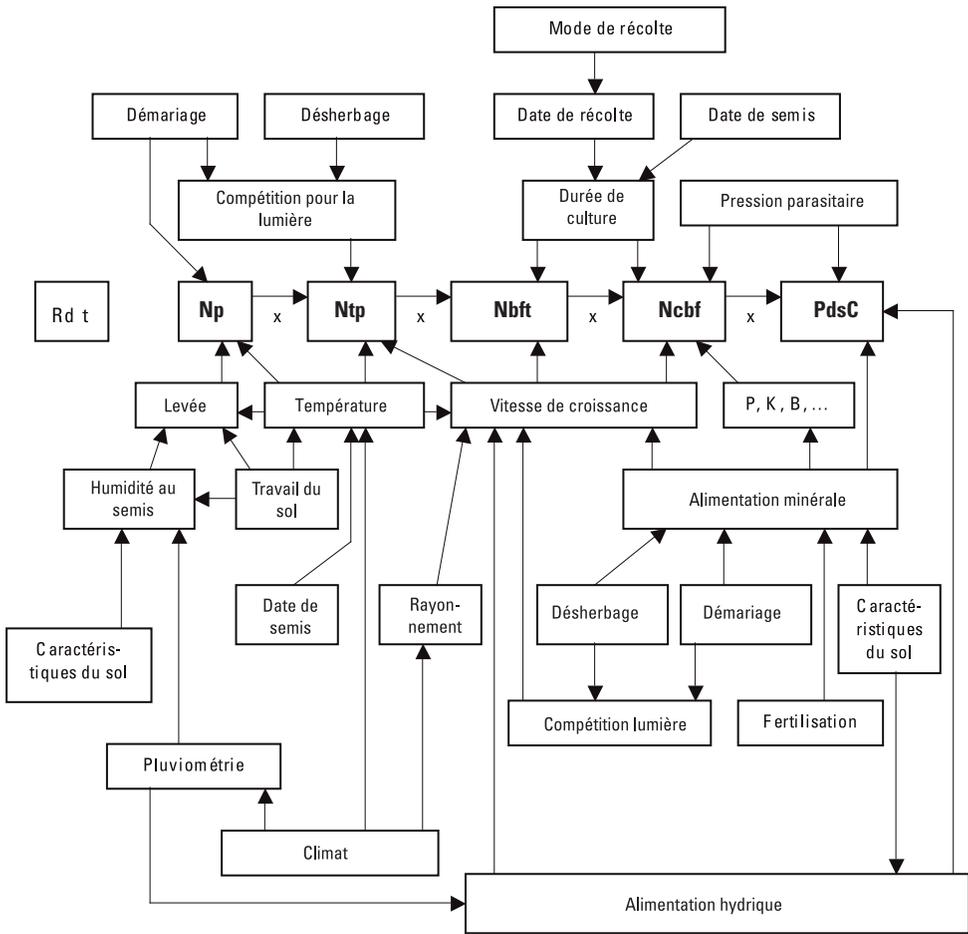
La culture peut être irriguée ou pluviale. L'irrigation est le mode de culture dominant dans la plupart des grands pays producteurs : 30 % des surfaces sont irriguées en Inde, 43 % aux Etats-Unis, 75 % en Chine. Au total, l'irrigation concerne 53 % des surfaces cotonnières et participe pour 73 % de la production.

En Afrique sub-saharienne, comme en Inde, au Pakistan et en Chine, le cotonnier est cultivé par de petits paysans, en rotation avec des cultures vivrières qui valorisent l'arrière-effet des engrais. La culture est parfois conduite en association ou en relais avec d'autres productions (maïs, arachide, niébé, soja ...) en Afrique (Togo, Tanzanie ...) ou en Asie (Vietnam, Chine).

#### ● **L'élaboration du rendement et l'itinéraire technique**

Pendant la phase strictement végétative, les produits de la photosynthèse sont prioritairement destinés aux racines. Pendant la phase reproductive, l'allocation aux organes reproducteurs devient prioritaire. Toutefois les stress subis par la plante perturbent cette règle.

Le caractère indéterminé de la croissance du cotonnier et cette faculté de régler la physiologie en fonction des facteurs externes rendent le schéma d'élaboration du rendement du cotonnier plus complexe que ceux des céréales. Le potentiel de production des variétés actuelles varie de 8 000 kg/ha de coton-graine en conditions irriguées à 3 500 kg/ha en conditions pluviales.



Avec :

Rdt = le rendement en coton-graine à l'unité de surface

Np = le nombre de plants à l'unité de surface

Ntp = le nombre moyen de tiges végétatives par plant

Nbft = le nombre moyen de branches fructifères par tige végétative

Ncbf = le nombre moyen de capsules par branche fructifère

PdsC = le poids moyen d'une capsule

► Figure 1 : Schéma d'élaboration du rendement chez le cotonnier

### ● La mise en place de la culture

En régime pluvial, elle est souvent décidée en fonction de la date d'ouverture des capsules, celle-ci devant s'effectuer en période sèche. En Afrique, des dates optimales de semis ont été établies à partir des statistiques pluviométriques. On estime à 350 kg/ha la baisse du potentiel de production associée à un retard de dix jours dans le semis par rapport à la date optimale.

Le semis est manuel ou mécanique, sur billon ou à plat, en poquets ou en ligne continue. Le semis mécanique suppose une graine débarrassée de son linter (semence délintée). Les quantités de semences peuvent varier de 25-30 kg/ha (semis manuel, graines non délintées) à 10-12 kg/ha (semis mécanique, graines délintées). La plupart des semis sont réalisés sur un sol nu, bien préparé (labour avec enfouissement des adventices et herbicidage en pré ou post-semis), mais certains semis se réalisent sur couvert végétal préalablement traité avec un herbicide.

Les densités sont très variables selon la variété, la richesse du sol et les conditions de culture (de 30 000 à 100 000 plants à l'hectare en culture cotonnière classique). Pour faciliter les opérations d'entretien, la culture est généralement semée en lignes espacées de 0,70 à 1 m. En semis manuel, le cotonnier est semé en poquets espacés de 20 à 25 cm. En semis mécanique, les graines sont semées avec un espacement de 10 à 15 cm sur la ligne. Le resemis après la levée est une pratique très répandue en culture manuelle.

Les systèmes *narrow row cotton* et *ultra narrow row cotton* pratiqués expérimentalement aux États-Unis correspondent à des densités de semis supérieures à 250 000 plants/ha. Ils sont pratiqués dans le cadre d'une agriculture très mécanisée (semis à la volée, récolte à la barre de coupe), dans le but de réduire les coûts de production en contraignant la plante à réduire la durée de son cycle (pas d'urée, application de régulateurs de croissance). Le faible développement de chaque plante est compensé par le nombre de plants à l'hectare.

### ● **L'entretien**

La concurrence des adventices est particulièrement néfaste pendant les six premières semaines de végétation. Deux à trois sarclages sont nécessaires avant que la canopée du cotonnier ne recouvre entièrement le sol et empêche naturellement le développement des adventices. L'utilisation d'herbicides, le plus souvent de post-semis et pré-levée, mais parfois de pré-semis et pré-levée, est une pratique qui progresse chez les petits producteurs.

En culture manuelle, on procède trois semaines après levée (stade quatre vraies feuilles) à un démariage des poquets pour n'y laisser que deux plants. Les semis réalisés mécaniquement peuvent également être éclaircis manuellement ou par un passage avec une herse perpendiculaire à la ligne de semis dans le cas où la densité sur la ligne est trop forte.

### ● **La fertilisation**

Les apports d'azote sous forme d'engrais minéraux varient de 40 à 100 kg N/ha, ils doivent être raisonnés en fonction de la richesse organique du sol et de l'objectif de production. Ces apports sont en général fractionnés : un apport lors de la préparation du sol, un apport peu avant la floraison. L'azote favorise le développement des organes végétatifs de la plante, supports ultérieurs de la fructification. Un apport trop tardif peut contrarier la mise à fruit et provoquer un allongement du cycle.

On considère que la plupart des sols des savanes cotonnières d'Afrique sont naturellement carencés en P, que le soufre y est très souvent bloqué sous forme organique lors de leur mise en culture et que les conséquences d'une déficience en bore sont trop importantes pour prendre le risque de ne pas introduire ces éléments dans les apports

minéraux. Aussi les *engrais coton* sont généralement riches en  $P_2O_5$  et ils contiennent très souvent du soufre et du bore.

Les exportations minérales (récoltes et résidus de culture) du cotonnier et des cultures en rotation sont en général bien supérieures aux apports de la fertilisation. Aussi, les anciennes zones de production cotonnière présentent bien souvent des symptômes de déficiences minérales (K, Mg, Ca...). Pour le potassium, ces symptômes sont très caractéristiques : feuilles desséchées et pendantes restant accrochées par leurs pétioles, *comme des chauve-souris au repos*, petites capsules dites *momifiées*, qui s'ouvrent incomplètement. La définition d'apports minéraux optimaux ne peut se faire qu'au niveau de la parcelle, en fonction du système de culture pratiqué et des objectifs de production.

La fertilisation organique est importante : apports d'azote et de potassium, équilibre biologique et maintien de la structure des sols. Elle correspond essentiellement à des apports de fumier, de compost ou de terre de parc. Les engrais verts et les cultures améliorantes ne sont que rarement pratiquées.

### ● L'irrigation

Leau est apportée au cotonnier par gravité, par un système de bassins (65 % des surfaces irriguées de par le monde) ou de canaux (29 %), ou par aspersion (5 %). Le goutte à goutte concerne encore moins de 1 % des surfaces irriguées.

### ● La défense des cultures

C'est l'un des facteurs qui conditionne la réussite de la culture, tant le cotonnier est l'objet d'attaques parasitaires. Un certain nombre d'échecs de la culture cotonnière (en Amérique centrale et dans certains pays du Sud-Est asiatique en particulier) sont liés à une maîtrise insuffisante ou trop coûteuse des attaques parasitaires.

Les principales maladies et les groupes d'arthropodes dont l'incidence est significative sur la production figurent dans les tableaux suivants.

**Tableau 2. Les principales maladies du cotonnier**

Maladies	Symptômes	Lutte
<i>Rhizoctonia, Pythium, Macrophomina</i>	Fonte des semis	Enrobage des graines avec un fongicide
Bactériose ( <i>Xanthomonas malvacearum</i> )	Taches anguleuses foliaires, nécroses sur tiges et capsules	Résistance variétale
Ramulose ( <i>Colletotrichum sp.</i> ) (Amérique du Sud)	Taches jaunes sur feuilles, rameau terminal en « balai de sorcières »	Résistance variétale
Maladies virales (Mosaïque, Maladie bleue, Virescence...)	Mosaïques, déformation des feuilles (frisolée) ou des fleurs (phyllodie)	Résistance variétale
Maladies vasculaires (Fusariose, Verticilliose)	Jaunissement du feuillage, puis flétrissement du plant, brunissement et obturation des tissus conducteurs	Résistance variétale, rotations culturales

Tableau 3. Les ravageurs du cotonnier

Ordre	Genre	Dégats	Lutte
Lépidoptères	<i>Helicoverpa</i> (Heliopsis), <i>Pectinophora</i> , <i>Earias</i> , <i>Diparopsis</i> , <i>Cryptophlebia</i>	Destruction totale ou partielle des organes fructifères	Chimique pour l'essentiel Transgénèse
Lépidoptères	<i>Spodoptera</i> , <i>Trichoplusia</i> , <i>Anomis</i> , <i>Alabama</i> , <i>Syllepta</i>	Réduction de la surface foliaire	Chimique et biologique
Homoptères	<i>Aphis gossypii</i> , <i>Bemisia tabaci</i>	Prélèvements de sève, transmission de viroses et production de miellats	Culturale
Homoptères	Jassides : <i>Empoasca sp.</i> , <i>Orosius sp.</i>	Prélèvements de sève	Résistance variétale
Hétéroptères	Mirides ( <i>Lygus sp.</i> ) et punaises ( <i>Dysdercus sp.</i> )	Chute d'organes et pourritures de capsules	Chimique
Coléoptères	<i>Anthonomus</i>	Destruction des organes fructifères	Culturale
Coléoptères	<i>Eutinobothrus</i> , <i>Conotrachelus</i>	Mineurs de la tige	Chimique

On a longtemps pensé que la lutte chimique permettrait, à elle seule, de tenir en échec le complexe parasitaire. Du fait des problèmes actuels (coût de la protection, destruction de l'entomofaune utile, apparition de résistances aux pesticides, problèmes de pollution et de santé humaine), tous les spécialistes reconnaissent aujourd'hui que la culture cotonnière doit être conduite selon les principes de la protection intégrée.

Il faut ainsi :

- > prévenir les dommages, en échappant au parasitisme par le choix de la date de semis, en raccourcissant le cycle de fructification du cotonnier, en supprimant les cultures relais ou refuge des principales espèces nuisibles, en introduisant dans les cultivars des caractères de résistance aux ravageurs dominants. On doit également encourager toutes les pratiques qui, au travers d'actions sur le micro-climat ou la biodiversité, encouragent le développement d'entomophages et d'agents pathogènes des ravageurs ;
- > estimer le caractère menaçant des populations de ravageurs présentes dans la culture, ce qui suppose des méthodes d'échantillonnage fiables et une estimation des seuils au delà desquels surviennent les pertes de récolte ;
- > intervenir en fonction de ces seuils, en prenant garde à maintenir la durabilité du système (prévention de la résistance aux pesticides, respect des équilibres entre espèces nuisibles et entomofaune utile).

Le principe de la lutte étagée ciblée sur la culture de cotonnier est présenté dans le chapitre 436.

### ● La récolte

Dans de très nombreux pays, la récolte du coton-graine reste manuelle. Les quantités récoltées par individu varient de 20 à 50 kg par jour. Une attention particulière doit être apportée au moyen de collecte (panier, sac), en évitant en particulier les sources de contamination par des fibres synthétiques (polypropylène des sacs d'engrais par exemple).

La récolte mécanique suppose la culture de variétés possédant des branches végétatives peu développées et permettant une production groupée. Elle est pratiquée souvent après une activation chimique de l'ouverture des capsules (maturateurs) et une défoliation (défoliants). Du fait de la présence de feuilles et de débris végétaux, les usines d'égrenage doivent s'équiper de nettoyeurs puissants. Le modèle de machine le mieux adapté à la récolte du coton est le *cotton picker*, où des broches n'extirpent que le coton mûr, au contraire du *cotton stripper*, qui récolte en une fois toutes les capsules présentes.

## ● Les temps de travaux

Tableau 4. Temps de travaux sur cotonnier dans les petites exploitations agricoles africaines (en jours/ha)

	Culture manuelle	Culture attelée	Culture semi-motorisée
Préparation du sol	15-20	8	2
Semis	5-10	5	5
Sarclage-démariage	30-35	21	2
Traitements	6-10	8	8
Récolte	50-60	60	60
Arrachage	6-10	8	8
<b>Total</b>	<b>112-145</b>	<b>110</b>	<b>85</b>

## ● La fibre de coton

### ● Les caractéristiques techniques

Pour évaluer les caractéristiques technologiques de la fibre de coton, il est impératif de respecter des normes précises en matière de conditionnement d'air des salles d'analyse et de stockage ( $21^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ , 65 % d'humidité relative  $\pm 2\%$ ).

Les principales caractéristiques mesurées sont :

- > la longueur ;
- > la ténacité, caractère important car de lui dépend majoritairement la résistance des fils et des textiles ;
- > la maturité ;
- > la finesse, caractéristique variétale, mais influencée par les conditions de culture. Il est difficile de la dissocier de la maturité ;
- > le micronaire, paramètre qualitatif qui mesure le complexe maturité/finesse ;
- > le grade, qui se décompose en trois caractéristiques : la couleur, le taux de matières étrangères et la préparation : évaluation de l'importance de l'enchevêtrement indésirable des fibres ;
- > les contaminants : collage dû à la présence de sucres d'origine physiologique ou entomologique dans la fibre et débris de coques de graine.

## ● L'égrenage et le classement

L'égrenage consiste à séparer la fibre des graines qui les portent. Cette opération met en œuvre une série d'opérations réalisées par des machines différentes : nettoyeur de coton-graine, tour de séchage, humidificateur, égreneuse (sépare la fibre de la graine), nettoyeur de fibre, presse à balle (pour compacter la matière sous forme de balle d'environ 225 kg).

Il existe deux types d'égreneuses :

- > *égreneuse à rouleau* : réservée aux fibres longues à extra-longues ;
- > *égreneuses à scies* : elles sont plus productives et sont utilisées pour tous les autres cotons.

Lors du pressage des balles, des échantillons de fibres sont prélevés, pour une caractérisation de leur qualité dans des laboratoires d'analyse, afin de regrouper les balles de qualité comparable par lots. Chacun des lots est susceptible de recevoir des primes ou des décotes financières, en fonction de sa qualité lors de sa mise en vente sur le marché.

## ● La production actuelle et ses perspectives

Après avoir progressé régulièrement pendant des décennies, la production mondiale de fibre est restée relativement stable (environ 19 millions de tonnes) depuis dix ans. De même, la superficie totale consacrée à la culture cotonnière s'est stabilisée entre 30 et 35 millions d'hectares. Les deux tiers de cette superficie sont concentrés dans quelques pays : Inde (28 %), Etats Unis (13 %), Chine (13 %), Pakistan (10 %) et Ouzbekistan (5 %), qui sont les cinq principaux pays producteurs. Plus de 60 autres pays sur les cinq continents sont producteurs de coton.

Les échanges de coton sur les marchés mondiaux concernent chaque année 5 à 6 millions de tonnes de fibre. Les Etats-Unis sont les premiers exportateurs du monde, suivis de l'Ouzbekistan et des pays d'Afrique francophone.

Les meilleurs rendements du monde sont obtenus sous irrigation, dans des systèmes intensifs comme en Israël (1 475 kg/ha de fibre) et en Australie (1 350 kg/ha de fibre). En culture pluviale, les sols volcaniques de l'Amérique centrale sont les seuls qui permettent d'atteindre la tonne de coton-fibre par hectare. La moyenne mondiale est de 544 kg/ha en 1998-99. Les rendements en Afrique de l'Ouest dépassent aujourd'hui 500 kg de fibre/ha.

Culture de rente pour les petits paysans, fournissant une matière première industrielle stratégique, la culture du cotonnier a souvent été soutenue par les pouvoirs publics. Dans le contexte de libéralisation mondiale de l'économie, cette aide de l'Etat a progressivement disparu au cours de la décennie 90 (suppression des subventions, privatisation des filières parapubliques, réorganisation de l'encadrement). Cette évolution a eu pour conséquence de diminuer l'attrait économique de la culture et d'inciter les paysans à moins recourir aux intrants.

## ● La recherche

Les questions qui se posent à la recherche aujourd'hui sont de permettre une culture de cotonnier la plus rentable possible (meilleure production à moindre coût),

d'élaborer des recommandations compatibles avec les contraintes des paysans et soucieuses du respect des équilibres écologiques. Pour atteindre ces objectifs, les chercheurs ont à leur disposition des outils nouveaux : biotechnologies, logiciels de modélisation du développement de la plante, gestion phytosanitaire intégrée, interdisciplinarité, nouveaux moyens de diffusion de l'information, etc.

Tous les pays qui ont une production de coton significative ont leur propre structure de recherche cotonnière. Il n'y a pas d'organisme international chargé de la recherche cotonnière.

### Les structures de recherche

L'ICAC (International Cotton Advisory Committee) coordonne, tous les quatre ans, une réunion internationale des chercheurs cotonniers de tous les pays du monde. Le CIRAD (Centre international de recherches agronomiques pour le développement) a depuis plusieurs décennies développé une compétence dans l'ensemble de la zone tropicale. L'initiative récente du Forum global de la recherche (GFAR) pourrait déboucher sur une concertation mondiale de la recherche cotonnière autour de sujets fédérateurs.

## LE JUTE

---

*Corchorus capsularis* L. et *Corchorus olitorius* L.

Anglais : jute

Espagnol : yute

Famille des *Tiliaceae*

### ● *La plante et ses utilisations*

Le jute est après le coton la fibre végétale la plus utilisée dans le monde. Elle appartient à la catégorie des fibres longues non lignifiées (fibres douces) et sert à la fabrication de fils, de cordes, de sacs d'emballage et de toiles pour l'ameublement.

Deux espèces concourent à sa production : *Corchorus capsularis* L., dont l'origine se situe dans la péninsule indo-birmane et *Corchorus olitorius* L., dont l'origine serait africaine. Ces deux espèces se distinguent principalement par la forme du fruit (oblong chez *C. olitorius* et sphérique chez *C. capsularis*) et la qualité de la fibre qui est plus blanche, résistante et fine chez *C. olitorius* (*white jute*) que chez *C. capsularis* (*Tossa jute*). Cette dernière variété reste cependant l'espèce la plus cultivée, à cause de sa rusticité et en particulier à cause de sa résistance à l'inondation. Chaque espèce a bénéficié d'importants travaux de sélection, en particulier au Bangladesh dès le début du siècle (série des variétés *JRC*), et de nombreuses variétés sont disponibles. Des hybrides interspécifiques entre les deux espèces ont été réalisés mais sans aboutir à la création de variétés commerciales.

Les deux espèces sont photopériodiques et à dominance autogame. Elles mesurent à maturité, après 120 à 150 jours de croissance, de 2 à 4 m de hauteur. Les tiges sont peu ramifiées et les feuilles sont oblongues, alternes, glabres et dentelées, de 5 à 10 cm

de longueur. La culture demande des températures supérieures à 25°C et une pluviosité de l'ordre de 1500 mm pendant la période de culture, ce qui la limite aux zones tropicales humides.

## ● La culture

Compte tenu du photopériodisme, la culture doit être implantée le plus tôt possible, c'est-à-dire en mai dans l'hémisphère Nord. La densité recommandée pour la fibre est de 400 à 500 000 pieds à l'hectare, de 150 à 200 000 pour la production de graines. La récolte pour la fibre se fait en début de floraison : les tiges sont coupées puis soit mises en botte dans un point d'eau soit laissées sur le champ lorsqu'il est inondé. Ce rouissage dure une quinzaine de jours. La pratique de rouissage au champ présente l'avantage de restituer au sol la majeure partie des éléments du végétal (feuilles et tiges à l'exception des fibres corticales). Les rendements en fibre sont de 1,5 à 2,5 t/ha ; ils peuvent dans de bonnes conditions atteindre 4 t/ha. Pour la semence, ils sont de l'ordre de 5 à 600 kg/ha.

Les maladies principales sont les fontes de semis et les chancres de tige dûs à *Macrophomona phaseoli* (Maubl.) Ashby et à *Colletotrichum capsici* (syd.) Butl. et Busby. Les ravageurs les plus dommageables sont un lépidoptère (*Lapygama exigua* Hbn.) qui attaque les jeunes plants et un coléoptère (*Apion corchori* Marshall) qui provoque des annellations et des ruptures de tiges, ainsi que des destructions du bourgeon apical. Des dégâts de cochenilles (*Pseudococcus filamentosus* Ckll. et *Ferrisia virgata* Ckll.) peuvent aussi intervenir.

La culture du jute est très exigeante en main-d'œuvre, en particulier pour la récolte, le rouissage et le nettoyage des fibres. Elle n'est mécanisable, de manière rentable, que pour la production de semences. C'est une culture pratiquée par de petites exploitations, sur quelques ares dans chacune d'entre elles. Deux pays produisent 94 % de la production mondiale (2 535 000 t en 2000) : il s'agit de l'Inde (1 666 000 t) et du Bangladesh (711 000 t). La production est stable (2 780 000 t en 1990) malgré la concurrence des fibres synthétiques et constitue un élément important de l'économie du Bangladesh, où une grande partie de la production est transformée localement.

## LE KAPOKIER

---

*Ceiba et Bombax*

*Français* : kapokier et fromager

*Anglais* : silk cotton tree

*Espagnol* : capoc

*Famille des Bombacaceae*

## ● La plante et ses utilisations

La fibre de kapok provient d'une excroissance épidermique des parois internes des fruits. Elle est lignifiée et recouverte d'une couche de cire. Sa longueur va de 10 à 25 mm pour un diamètre de 20 à 25  $\mu$ , avec une paroi très fine et un lumen très important. Ceci lui donne une densité six fois inférieure à celle du coton et explique

sa grande aptitude à la flottabilité et à la protection thermique, ainsi que son impu-trescibilité et sa résistance aux insectes. Par contre, pure, elle se file difficilement car elle n'est pas vrillée. Le kapok est utilisé pour les rembourrages (coussins, matelas, ceintures de sauvetage) ou l'isolation thermique (vêtements matelassés ou parois d'avion). Les graines renferment 25 à 30 % d'une huile comestible ou de savonnerie. Les tourteaux peuvent être utilisés en alimentation du bétail.

Le kapok peut provenir de nombreuses espèces des genres *Ceiba* et *Bombax*. Dans la pratique la quasi totalité provient de *Ceiba pentandra* Gaertn, originaire d'Amérique tropicale mais largement répandue en Afrique (fromager) et en Asie, en particulier en Indonésie où il est le plus exploité. Une petite production de kapok par *Bombax malabarica* DC. existe en Inde. De nombreux types morphologiques ont été recensés, mais les seuls travaux de sélection rapportés concernent Madagascar, où furent créés, dans les années 30, des hybrides entre *C. pentandra* et deux espèces voisines, donnant des arbres de taille inférieure et à productivité plus élevée que les types sauvages.

Le *Ceiba pentandra* est un arbre qui peut atteindre 40 m, avec un tronc lisse ou couvert d'épines. Les rameaux sont horizontaux et situés dans des plans superposés. Les fleurs sont jaunes, mesurent 1 à 3 cm et se forment sur la partie terminale des branches. Le fruit est une capsule ellipsoïdale de 10 à 20 cm de long pour 5 cm de diamètre. La déhiscence est variable suivant les types et le poids de fibre représente 20 à 25 % du poids de la capsule.

## ● La culture

Le *Ceiba* prospère dans les zones présentant une pluviosité de 1 000 à 1 500 mm, avec une saison sèche marquée nécessaire à une bonne floraison. Le *Bombax* est moins exigeant et 800 mm peuvent suffire. Une température d'au moins 20°C est nécessaire à la pollinisation. Les terres doivent être bien drainées. La multiplication peut se faire par semis pour les plants tout-venant, mais généralement on utilise le bouturage de rameaux orthotropes ou le greffage sur des plants de six à huit mois. La densité de plants varie de 204 plants/ha (7 x 7 m) à 100 plants/ha (10 x 10 m), suivant la fertilité du sol.

Les branches basses horizontales sont les plus productives et les plants sont conduits en multicaulie sur trois tiges après étiage à 1,60 m (sauf pour certains types de taille modérée). Durant les deux ou trois premières années, des cultures annuelles associées sont possibles à condition de laisser une bande de 2 m le long de la ligne d'arbres. Des plantes de couvertures sont conseillées s'il y a des risques d'érosion.

La récolte est exigeante en main-d'œuvre et se fait par ramassage des fruits si la déhiscence est faible ou nulle, par gaulage dans les autres cas. Les capsules sont décortiquées, les bourres et les graines sont séparées puis passées à l'égreneuse pour isoler la fibre qui est ensuite pressée en balles. Le rendement en fibre est de l'ordre de 200 à 500 kg/ha. Cependant avec les hybrides de Madagascar des rendements de 800 à 1 500 kg/ha sont rapportés.

Les plantations bien entretenues sont peu parasitées. Les jeunes plants peuvent toutefois être dévorés par des coléoptères phyllophages et les plants adultes sont des refuges pour des punaises (*Dysdercus* et *Anoplocnemis*), ravageurs importants pour d'autres plantes cultivées, en particulier le cotonnier.

Hors usages traditionnels, la production mondiale de kapok était en 1998 de 124 815 tonnes, réparties entre l'Indonésie (77 215 t) et la Thaïlande (47 600 t). Elle est en progression par rapport à 1990 (103 783 t) et 1980 (74 370 t), en relation avec une demande de plus en plus forte de produits naturels.

## LE KENAF

---

*Hibiscus cannabinus* L.

Anglais : brown indianhemp, deccan hemp, mesta, java jute, bimli jute...

Portugais : papoula de Sao Francisco

Famille des *Malvaceae*

### ● La plante et ses utilisations

Le kenaf (*Hibiscus cannabinus* L.) est surtout cultivé pour sa fibre qui est du même type que celle de la roselle et appartient à la catégorie des fibres longues non lignifiées (fibres douces). Ses usages sont voisins de ceux du jute. Depuis quelques années des cultures sont menées, en particulier aux Etats-Unis, pour la fabrication de pâte à papier. En Afrique, les feuilles sont parfois utilisées comme légumes ou comme remède et les graines comme source d'huile. La partie supérieure des tiges peut être consommée par le bétail.

Cette plante est originaire d'Afrique occidentale où des formes sauvages existent encore dans les vallées supérieures du Niger et du Bani. Suivant la forme des feuilles (entières ou lobées) et la couleur des tiges et des pétioles (vert, rouge ou pourpre), cinq types botaniques ont été identifiés. L'aire de culture est très vaste. Pour l'hémisphère Nord, elle va de l'Europe du Sud à l'Equateur. Les variétés sont nombreuses et les sélections proviennent des fonds *El Salvador*, *Ouzbekistan*, et *Soudan*. Les plus connues ont été créées en Floride (séries des *BG* et des *Everglades*).

### ● La culture

La plante est à dominante autogame et photopériodique, avec une forte variabilité. La floraison se produit en jours décroissants à partir d'une durée qui va de treize heures pour les variétés très précoces à douze heures pour les tardives. Ceci conditionne le choix de la variété suivant la latitude et les facteurs climatiques, la durée du cycle devant être adaptée à la pluviométrie de la zone (qui approximativement doit être de 125 mm par mois de végétation). Pour la fibre, les densités recommandées sont de l'ordre de 600 000 plants/ha (20 à 25 kg de graines). Pour la production de graines, on admet des densités plus faibles et, en combinant des dates de semis plus tardives avec un écimage précoce, on obtient des plants de taille courte dont la récolte est facilement mécanisable.

Le kénaf est très sensible aux nématodes galligènes (*Meloidogyne* spp.) et à l'anthracnose (*Colletotricum hibisci* Poll.) qui attaque le bourgeon apical. Pour cette maladie, il existe des variétés résistantes. Les altises (*Podagrica* spp.) peuvent causer des dégâts aux jeunes plants.

La récolte de la fibre se fait en début de floraison. La fibre s'obtient après rouissage dans l'eau des tiges ou des écorces après décorticage au champ. La production est en moyenne de 0,8 à 2,5 t/ha suivant les conditions de culture et la longueur du cycle. Pour la production de pâte à papier, on récolte la plante entière, il n'y a pas de rouissage et la récolte est mécanisable, ce qui n'est pas possible pour la fibre.

La production mondiale de fibre de kénaf (qui regroupe en fait la fibre de la roselle et du kénaf) était en 1998 de 643 000 t dont 85 % sont produits par la Chine, l'Inde et la Thaïlande. La production est en baisse constante depuis l'avènement des sacs en matière synthétique et du transport en vrac. Cependant, la production de pâte à papier pour les journaux (en substitution à celle produite par les arbres forestiers) se développe aux Etats-Unis et peut redonner une certaine importance à cette culture.

## LA RAMIE

---

*Boehmeria nivea* (L.) Gaudich et *Boehmeria nivea* var. *tenacissima* Miq.

Anglais : China grass

Espagnol : ramio

Famille des *Urticaceae*

La ramie est la plus longue et la plus résistante des fibres végétales. En outre elle possède une finesse et un aspect soyeux qui en fait une fibre très recherchée pour la confection de tissus de luxe (tissus d'ameublement et vêtements). Elle appartient à la catégorie des fibres longues non lignifiées (fibres douces) d'origine libérienne. Son extraction de l'écorce est difficile. Elle se fait traditionnellement à la main ou demande un traitement chimique en usine (dégommage), ce qui limite sa production et réduit ses usages.

Deux variétés concourent à sa production : *Boehmeria nivea* (L.) Gaudich et *B. nivea* var. *tenacissima* Miq. (= *B. utilis* Hort.). La première (ramie blanche) est adaptée aux régions subtropicales et tempérées et donne une fibre de haute qualité ; c'est la plus cultivée. La seconde (ramie verte) est plus spécifique des régions tropicales ; elle est plus productive mais donne une fibre de moins bonne qualité. À maturité, la plante mesure de 1,5 à 2 m et à un aspect d'ortie géante. Les fleurs monoïques sont groupées en panicules au sommet des plants. La ramie est une herbe pérenne. Sa survie est assurée par des rhizomes et des racines tubéreuses. *B. nivea* demande des températures supérieures à 25°C au moins deux mois dans l'année et une pluviosité supérieure à 1 000 mm. *B. nivea* var. *tenacissima* exige une température moyenne supérieure à 25°C toute l'année et au minimum 1 200 mm de pluie.

### ● La culture

L'installation de la culture se fait au printemps dans les pays tempérés et au début de la saison des pluies dans les pays tropicaux, par division et replantation des racines de plants d'au moins trois ans. Le coefficient de multiplication est alors de l'ordre de 80 ha pour un hectare. L'espacement est habituellement de 1 m sur 0,50 m, ce qui donne la première année de 20 à 30 000 tiges/ha et près de 200 000 après deux à trois ans de culture. Les tiges sont récoltées à partir de la deuxième année de plantation sur

une cadence moyenne de trois coupes par an. Toutes ces opérations sont mécanisables. La durée de plantation est de quatre à neuf ans suivant la richesse du sol en matière organique. Ensuite il est nécessaire de rajeunir la plantation par un travail du sol et un épandage de doses élevées de fertilisants et parfois de chaux.

Les tiges récoltées sont soumises à trois traitements : le décorticage, le dépelliculage (élimination de l'épiderme ligneux des lanières) et le dégommeage qui consiste à dissoudre chimiquement les matières pectiques soudant les fibres entre elles. Les feuilles et le sommet des tiges sont parfois utilisés comme aliment du bétail.

Les maladies et les ravageurs sont peu importants. En ce qui concerne les maladies, on observe parfois des dégâts sur les racines et les plantules de *Rosellinia necatrix* (Prill.) Berl. et de *Rhizoctonia solani* Kuhn, ainsi que des chancres de tige causés par *Phoma boehmeria* Henn. Les insectes ravageurs sont des lépidoptères (*Sylepta silicalis* Guenée et *Cocytodes coerulea* Guen.) sur feuilles, et un coléoptère, *Agrotis* sp., sur les jeunes plants.

La production mondiale de ramie est en progression lente mais constante : 56 000 t en 1980, 93 000 en 1985, 105 000 en 1990 et 130 000 en 2000. Hors de la Chine qui produit 96,2 % de la production mondiale, il ne reste plus qu'une production résiduelle au Brésil, au Laos et aux Philippines.

## LE RAPHIA

---

*Raphia hookeri* et *R. farinifera*

Anglais : raffia palm, raffia

Espagnol : rafia

Famille des *Arecaceae*

Le genre raphia est originaire d'Afrique centrale (bassin du Congo) ainsi que d'Afrique de l'Ouest. Sa culture s'est développée dans la zone intertropicale, notamment en Asie du Sud Est, en Amérique du Sud et en Amérique centrale.

Avec les feuilles entières, on fabrique des enclos et des barrières et on couvre les constructions. Le rachis est utilisé dans la construction d'habitation et la fabrication de meubles, nattes, ficelles et cordes. Les folioles constituent la fibre de raphia. Avec la sève, on prépare du vin de raphia. Les fruits sont réputés toxiques et la pulpe est rarement utilisée pour fabriquer de l'huile alimentaire (Congo).

Les raphias sont des palmiers ramifiés à la base et qui forment des touffes de tiges. Le stipe, de diamètre variable, mesure de 3 à 10 m (*R. hookeri*). Il est couvert de lanières noirâtres issues de la décomposition des gaines foliaires. Les feuilles, de 10 à 20 m de longueur et de 1 à 3 m de largeur, ont des folioles de plus de 1 m de long. Le raphia est un palmier dioïque. Chaque stipe ne fleurit qu'une fois dans sa vie puis meurt. Il porte plusieurs inflorescences. Les fruits sont des baies de 5 à 15 cm de long et 3 à 6 cm de diamètre, couvertes d'écailles vernissées qui protègent une pulpe grasseuse jaune orangé. La graine, très dure, est enveloppée d'une membrane.

Le raphia se développe plutôt dans les milieux humides inondés d'eau douce, bien que l'écologie des différentes espèces soit très variable : *Raphia hookeri*, *vinifera*, *laurentii* et *sese* vivent plutôt dans des lieux marécageux ; *Raphia palma pinus* supporte

l'eau salée des lagunes d'Afrique de l'Ouest ; *Raphia regalis* pousse sur les sols drainés des collines d'Afrique centrale.

Pour faire germer les graines, on les place sur le sol dans une zone où l'eau affleure, en les recouvrant de palmes de raphia. La germination dure 20 à 60 jours avec un taux de réussite variable (25 à 85 %). La phase juvénile dure deux à trois ans pour *C. hookeri*, puis le stipe s'élève au-dessus du marécage en cinq ou six ans jusqu'à 8 m de hauteur.

Pour obtenir de la fibre, on récolte les folioles non épanouies dont on arrache l'épiderme inférieur et le sclérenchyme sous-jacent. Toutes les espèces ne se prêtent pas à ce type d'utilisation. Les fibres sont séchées à l'ombre pour leur donner de la résistance.

Pour la sève, la récolte s'effectue sur les tiges : les feuilles sont rabattues juste avant l'apparition des inflorescences et une incision est pratiquée sur le cœur du palmier. La sève qui s'écoule est récoltée deux fois par jour jusqu'à la mort du stipe.

## LE RÔNIER

---

*Borassus aethiopicum*

Anglais : Palmyra palm

Famille des *Palmaceae*

Originaire des plateaux éthiopiens, il est cultivé en Afrique soudanienne et soudano-sahélienne, du Sénégal à la Gambie, jusqu'à l'Afrique orientale et australe.

Ses usages sont multiples : les racines fournissent un anti-asthmatique ; avec les feuilles, on confectionne des nattes, chapeaux et paniers et on couvre les constructions ; les pétioles sont utilisés pour les clôtures, en corderie ou comme bois de feu ; la sève permet de préparer du sucre ou du vin de palme (un palmier produit environ 50 kg de sucre par an) ; les fruits sont comestibles avant maturité et mûrs ; les graines germées fournissent un embryon et un axe hypocotyle consommables ; le stipe constitue un bois d'œuvre pour la construction des toits, piliers de ponts, charpentes, fenêtres ; le bourgeon terminal est un chou palmiste prélevé sur les arbustes de trois à quatre ans.

C'est un palmier typique qui peut atteindre jusqu'à 20 m de hauteur, aux feuilles longuement pétiolées de 3 à 6 m de longueur. Le tronc lisse et droit, à l'écorce grise, peut atteindre 60 cm de diamètre et est surmonté d'une couronne de feuilles en éventail. Le système racinaire est peu développé. C'est une espèce dioïque à croissance lente (30 à 40 cm/an), dont le bois n'est exploitable qu'après 40 ans. Un renflement se forme près de la couronne après 25 ans, puis un second après 90 à 120 ans. Les fruits sphériques, oranges à bruns, se présentent en régimes pendants de 25 à 50 kg. La pulpe est blanchâtre, fibreuse, huileuse et contient plusieurs nucules blanches qui donnent à maturité des graines ligneuses brunes de 5 à 8 cm de grosseur. Le *Borassus* ne produit des fruits qu'après huit ans.

C'est un palmier héliophile qui a besoin d'eau à faible profondeur. On le rencontre dans les galeries forestières au bord de dépressions inondées périodiquement. Il s'accommode de sols pauvres et on le trouve fréquemment sur des sols ferrugineux tropicaux rouges, généralement sablo-limoneux ou sableux. Il se développe entre les

isohyètes 500 mm et 1 300 mm, dans des zones caractérisées par une saison sèche de six à huit mois et des températures de 25 à 35°C.

Le rônier est facile à multiplier par semis. La germination s'opère après un mois. L'axe hypocotyle s'enfonce à 40 cm dans le sol et une feuille se forme. Jusqu'à l'âge de six à huit ans le tronc est enfoncé dans le sol. Ensuite le tronc sort du sol et s'élève en hauteur ; la croissance dépend du sol. Il faut dix ans environ pour qu'une couronne se forme. Les feuilles jusque là réparties tout le long du stipe tombent et il ne reste qu'un bouquet de feuilles au sommet. Apparaissent alors les fleurs et les fruits qui permettent de distinguer les pieds mâles des pieds femelles.

Le rônier est l'élément dominant de la strate arborée de la savane. Il est souvent associé avec d'autres arbres tels que le palmier à huile (*Elaeis guineensis*), le tamarix du Sénégal (*Tamarix senegalensis*) et le seyal (*Acacia stenocarpa*). Sur les sols sableux, on le trouve associé à *Faidherbia albida* et au dattier sauvage du désert (*Balanites aegyptiaca*).

## LA ROSELLE

---

*Hibiscus sabdariffa* L.

Français : roselle, oseille de guinée, jute du Siam

Anglais : roselle

Espagnol : agria ou agrio de Guinea

Portugais : azeda de Guiné

Famille des *Malvaceae*

### ● La plante et ses utilisations

La roselle comprend deux formes : une forme comestible : *Hibiscus sabdariffa* L. var *sabdariffa* et une forme textile : *H. sabdariffa* L. var. *altissima* Webster. La forme comestible est utilisée pour les feuilles et les jeunes pousses, les calices peuvent servir à la préparation d'infusion (thé de karkade) ou de boisson (bissap). Cette forme a vraisemblablement été domestiquée sur la côte de l'Afrique occidentale. Elle s'est ensuite largement répandue dans presque toutes les régions tropicales. Par contre, la forme textile est d'obtention récente et a été isolée aux Philippines, au début du siècle, parmi les formes comestibles issues de graines en provenance du Ghana. Elle donne une fibre longue non lignifiée (fibre douce) du même type que celle du jute et du kénaf.

La forme comestible a un port buissonnant, la roselle textile est une plante à port dressé de 1 à 4 m de hauteur. La tige est glabre ou velue, de couleur rouge ou verte. Les feuilles sont le plus souvent profondément découpées en trois à cinq lobes longs et lancéolés aux bords crénelés. La forme textile est surtout cultivée en Asie mais de petites productions subsistent en Afrique. Les variétés sélectionnées sont en nombre restreint et proviennent essentiellement de travaux réalisés dans les années cinquante au centre de recherche de Bogor sur les descendances des plants isolés aux Philippines en 1911.

La plante est autogame et photopériodique (avec peu de variation dans la forme textile : la floraison se produit en jours décroissants d'une durée voisine de 11 h 45). La culture, normalement réalisée entre les latitudes 20° Nord et 30° Sud, a un cycle de

150 à 180 jours. Elle nécessite 1000 à 1 500 mm de pluie en période continue de six mois, avec une bonne insolation. Pour la fibre, les densités recommandées sont de l'ordre de 600 000 plants/ha (15 à 20 kg de graines). Pour la production de graines, on admet des densités plus faibles et en combinant des dates de semis plus tardives avec un écimage précoce on obtient des plants de taille courte dont la récolte est facilement mécanisable.

La plante est résistante aux nématodes galligènes du genre *Meloidogyne* mais des dégâts dus à des nématodes libres du genre *Heterodera* ont été signalés sur la forme comestible. La maladie la plus grave est liée à *Phytophthora parasitica* Dast. qui provoque un chancre du collet. Les altises (*Podagrica* spp.) causent souvent des dégâts importants aux plantules.

La récolte de la fibre se fait en début de floraison. Celle-ci, d'origine libérienne, s'obtient après rouissage dans l'eau des tiges ou des écorces après décorticage au champ. La production est en moyenne de 0,8 à 2 t de fibres sèches à l'hectare.

La fibre est vendue sous le nom générique de *kénaf* qui regroupe la production de roselle et de kenaf proprement dit (*H. cannabinus* L.). La roselle représente environ 70 % de la production mondiale des fibres d'*Hibiscus* (643 000 t en 1998 dont 240 000 pour la Chine, 200 000 pour l'Inde et 100 000 pour la Thaïlande). La production est en baisse constante depuis l'avènement des sacs en matière synthétique et le transport en vrac. Cependant la forme comestible semble prendre de l'importance pour la confection de boissons, de gelée et de colorants naturels.

## LES ROTINS

---

*Anglais* : rattans canes

*Espagnol* : junquillo, caña de la India, Rotén

*Portugais* : rota

Monocotylédones, *Famille des Palmaceae* (= *Arecaceae*), *sous-famille des Calamoideae*.

Il existe treize genres, représentant environ 600 espèces. Quatre genres existent en Afrique : *Calamus*, *Eremospatha*, *Laccosperma* et *Oncocalamus*.

Plantes fibreuses utilisées traditionnellement pour la fabrication de nattes, tapis, paniers, artisanat, cordage, les rotins se trouvent à l'état sauvage en Indonésie, en Malaisie et aux Philippines. Ils ont été diffusés dans les zones les plus sèches de l'Asie du Sud Est et introduits récemment en Chine et dans quelques pays du Pacifique sud pour des essais. Les espèces exploitées appartiennent au genre *Calamus* (*C. ceasius* notamment).

Ce sont des palmiers lianescents, au tronc mince, plus ou moins épineux, de faible diamètre (inférieur à quelques centimètres), flexible, dont les tiges peuvent atteindre plusieurs dizaines de mètres. Les feuilles, longues de 60 à 80 cm, sont souvent terminées par un fouet épineux servant à l'accrochage de la liane sur son support. La plupart des rotins sont dioïques. Les inflorescences de quelques centimètres à quelques mètres portent un nombre important de fleurs voyantes et de fruits arrondis, en général de petite taille (1 mm à 4 cm de diamètre) et couverts de squames brillantes de couleur rouge-brun.

Nécessitant beaucoup d'eau, *Calamus caesius* se trouve dans les plaines alluviales plates, surtout sur des bourrelets de berge saisonnièrement inondés ou dans des forêts marécageuses, mais il ne se développe pas dans les marais permanents. Le rotin nécessite un équilibre entre la lumière nécessaire à la photosynthèse et l'ombre. Le rapport idéal ombrage/éclairage varie selon les espèces. Le rotin a besoin d'une végétation arborée haute, qui lui sert de tuteur et fournit l'ombre. Il est cultivé dans les anciennes plantations d'hévéas ou de fruitiers. Les graines sont semées à 1 cm de profondeur, sur un lit de semence sablo-argileux ou argileux recouvert de 2 cm de sciure pour garder l'humidité et régulièrement arrosé. Quand les pousses atteignent 4 à 5 cm, elles sont repiquées dans des sachets de polyéthylène. Les plants sont prêts à être plantés en plein champ lorsqu'ils atteignent 40 à 50 cm de hauteur. Dans la pépinière, les maladies sont rares si l'hygiène est stricte.

La croissance d'une canne est de 2,5 m par an. La sélection des cannes mûres commence la 8<sup>e</sup> année. Elles sont coupées 30 cm au-dessus de la base, puis tirées au sol et nettoyées de leur gaine par torsion et frottement autour d'un tronc d'arbre. Elles sont ensuite coupées en morceaux de 6 m, liés en paquets de cent. Pour une population de 500 plants par hectare, le rendement moyen est de 1,5 à 3 t/ha. Une tonne correspond à 36 000 m de canne sèche.

Après la récolte, les cannes sont lavées et les gaines restantes éliminées. Le séchage et la fumigation au sulfure préviennent les attaques de ravageurs. Les cannes doivent être rapidement traitées après la récolte pour maintenir leur qualité.

L'Indonésie est le plus grand producteur, mais cette culture devient également très importante en Malaisie. Des interdictions d'exporter les produits bruts ont été mises en place dans les principaux pays producteurs, favorisant l'industrie locale du rotin et l'exportation de produits transformés. Bien que les rotins existent également en Afrique, ils n'y sont pratiquement pas exploités.

## LE SISAL

---

*Agave spp.*

Anglais : sisal hemp

Espagnol : sisal, henequen (sisal du Yucatan)

Famille des Agavaceae

### La plante et ses utilisations

Les agaves produisent des fibres longues qui servent à la fabrication de cordages, de sacs ou de tapis et des fibres courtes utilisées pour le rembourrage, les revêtements muraux, la fabrication de papier, etc.. Elles sont formées dans le parenchyme des feuilles et appartiennent à la catégorie des fibres dures (lignifiées). La pulpe des feuilles est aussi fréquemment utilisée pour la fabrication de boissons fermentées (pulque, tequila). Les racines servent parfois à préparer une teinture rouge pour la coloration des tissus.

Les agaves produisent tous des fibres utilisables en corderie mais seulement deux d'entre eux concourent significativement à la production mondiale : Le henequen (*Agave fourcroydes* Lem.) cultivé au Mexique et surtout le sisal (*A. Sisalana* Perr.),

cultivé principalement en Chine, en Afrique de l'Est et au Brésil. Deux agaves sont connus pour la production d'alcool : le maguey (*A. Atrovirens* Karw.) et le mezcal (*A. Tequilana* Weber). Tous les agaves sont originaires d'Amérique et certains sont cultivés depuis 9 000 ans dans le Yucatan. Plusieurs espèces de deux genres voisins : *Furcraea* (Amaryllidaceae) et *Phormium* (Liliaceae) sont parfois encore cultivées, dont le fique (*Furcraea macrophylla* (Hook.) Baker) en Colombie.

*A. Sisalana* est une plante herbacée dont les tiges présentent des entre-noeuds très courts portant des feuilles épaisses, terminées par une épine aiguë, groupées en rosette d'où émerge en fin de végétation, après 6-8 ans, une hampe pouvant atteindre 6 m de haut et qui porte des fleurs. La plante émet des stolons souterrains donnant des rejets. Des bulbilles apparaissent au point d'insertion des fleurs lorsque celles-ci tombent.

La polypléidie est commune chez les agaves. Le sisal est pentaploïde et les fleurs sont normalement stériles. Cependant une mutilation de la hampe florale fait apparaître sur la plaie des rejets qui sont susceptibles de donner des fleurs fertiles utilisables pour l'amélioration génétique. Cette dernière a toutefois été peu pratiquée, sauf au Kenya dans les années 30-40 où des hybrides très productifs et sans épines d'*A. Sisalana* avec *A. Angustifolia* Haw. ont été obtenus et largement cultivés ultérieurement en Afrique de l'Est.

Le sisal est très plastique et s'accommode de climats très secs et de sols très pauvres. Cependant il est nécessaire pour une production rentable de le cultiver dans des zones avec une pluviosité comprise entre 800 et 2 000 mm, bien répartie pour obtenir une bonne régularité de la sortie des feuilles. Le sisal pousse bien dans des sols légers, à pH voisin de 6 et bien drainés. Durant le cycle d'exploitation (six à huit ans) la plante produit de 200 à 250 feuilles exploitables, contenant 3 à 3,5 % de fibres.

## ● La culture

Les fibres de sisal commercialisées proviennent uniquement de grandes plantations, composées de parcelles de culture entourant une usine de défibrage, de façon à limiter les transports de feuilles. Un point d'eau est nécessaire pour le défibrage.

Le premier stade de la culture est la mise en pépinière de bulbilles. Après six à douze mois, les jeunes plants sont transplantés au champ à la densité de 6 à 10 000 plants/ha (par exemple en deux lignes jumelées à 0,75 m, distantes de 3 m, avec 0,75 m entre les plants sur une même ligne). Les sarclages se font dans le jeune âge. Après la coupe des feuilles, un apport d'engrais minéraux est nécessaire si la restitution des déchets de défibrage n'est pas effectuée. Une culture intercalaire est possible la première année mais elle n'est pas conseillée.

Les maladies et les ravageurs du sisal sont rares et de peu d'importance : seul un charançon (*Schyphophorus acupunctatus* Gyll.) est signalé sur les jeunes plants et, en Afrique de l'Est, une pourriture du cœur due à *Phytophthora parasitica* Dast. a limité l'emploi des hybrides *sisalana* x *angustifolia*.

## ● La récolte et les opérations de post-récolte

D'une manière générale, la production commence en moyenne à trois ans. Les feuilles, choisies suivant leur taille (de 0,80 à 1,50 m de long sur 10 à 12 cm de large),

sont coupées à la main et, après suppression des épines, sont transportées à l'usine centrale où elles sont triées par longueur et défibrées à la machine (*raspador*) sous jet d'eau. Une défibreuse peut traiter de 60 à 100 000 feuilles par jour, soit 2 à 3,5 t de fibres, ce qui correspond à une défibreuse pour 100 à 150 ha. Après le défibrage, les fibres sont séchées au soleil ou à la machine, brossées, triées suivant la longueur (105, 90, 75 et 60 cm), et pressées en balle de 500 livres. La qualité (classée selon neuf grades) est fonction de la couleur, des défauts et de la présence ou non de bourre.

Deux à quatre coupes sont effectuées par années et on compte en moyenne 110 jours de travail par tonne de fibres récoltée à l'hectare. La production à l'hectare pour un cycle de six à huit ans est de l'ordre de 150 à 350 t de feuilles vertes et de 5 à 12 t de fibres. Elle peut cependant être beaucoup plus élevée et atteindre 18 t.

### ● **La production actuelle et les perspectives**

Jusque dans les années 60-70, la production était de l'ordre de 800 000 t, les trois pays plus gros producteurs étant le Brésil, la Tanzanie et le Mexique. La généralisation des moissonneuses batteuses et les fibres synthétiques ont porté un coup rude à la production de fibres de sisal. En 2000, la production est tombée à 365 000 t, dont 195 000 t au Brésil.

La fabrication de ficelles et de sacs représente toujours la part la plus importante de l'utilisation du sisal, mais la demande continue de baisser et n'a pas été compensée par la demande de tapis (20 000 t dans le milieu des années 90) et la fabrication de pâte à papier (40 000 t). Les projections prévoient une production de 260 000 t en 2005.

## Bibliographie générale sur les plantes à fibres

- BERGER J. 1969. *The world's major fibre crops, their cultivation and manuring*. Zurich, Centre d'étude de l'azote, 327 p.
- DEMPSEY J. M. 1975. *Fiber crops*. The University press of Florida, Gainesville, 455 p.
- KIRBY R. H. 1963. *Vegetable fibres, Botany, Cultivation and Utilization*. London, Leonard Hill [books] Ltd, 464 p.
- MEDINA J. C. 1959. *Plantas fibrosas da flora mundial*. Instituto Agronomico Campinas ed., 912 p.

## Bibliographie sur des espèces spécifiques

### Le coton

- MUNRO, J. M., 1987. *Cotton*. Singapore, Longman Scientific & Technical.
- PARRY G., 1982. *Le cotonnier et ses produits*. Techniques agricoles et productions tropicales. Maisonneuve et Larose Ed., 502 p.
- SEMENT G, 1986. *Le cotonnier en Afrique Tropicale*. Le technicien d'agriculture tropicale. Maisonneuve et Larose.

### Le kapokier

- MONTAGNAC P., TRAMENA J. 1962. *La culture du kapokier à Madagascar*. Coton et fibres tropicales, 17, 1 pp. 89-96.

### Le rônier

- VON MAYDELL H. J., 1983, *Arbres et arbustes du Sahel*. GTZ, 530 p.
- Le rônier et le palmier à sucre, production et mise en œuvre dans l'habitat*, GRET, 1987, 92 p.

### Le rotin

- Bois et forêts des tropiques*, Revue trimestrielle, département forêts CIRAD, n° 232, 2ème trim. 1992, pp. 17 à 24.
- DRANSFIELD J., 1979, *A manual of the rattans of the Malay Peninsula*. Forest Department, West Malaysia, 270 p.
- PLANT RESOURCES OF SOUTH-EAST ASIA (PROSEA), *Pulses, Edible fruits and nuts, Dye and tannin-producing plants, Forages, Timber trees : Majors commercial timbers, Rattans, Bamboos, Vegetables*. n° 1-4, 5(1), 6-8, CD ROM, Wageningen, 1997.

### Le sisal

- Seize années d'expérimentation sisalière à la station du Mandrare (Madagascar)*, 1953-1968. Coton et fibres tropicales, 1969, 24, 4 pp. 443-4463 et 1970, 25, 2 pp. 151-174.