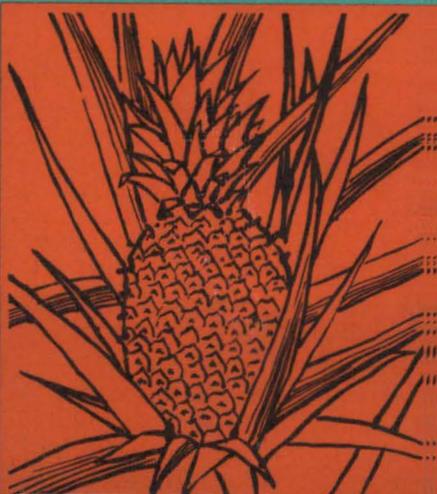
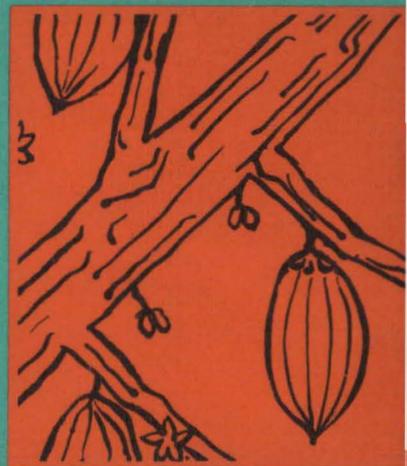
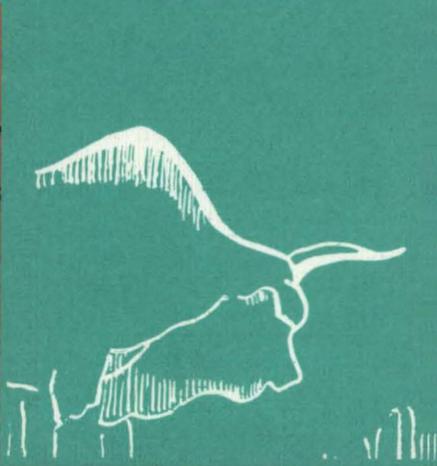


G. PARRY

le cotonnier et ses produits



**TECHNIQUES
AGRICILES
ET
PRODUCTIONS
TROPICALES**

LE COTONNIER ET SES PRODUITS

TECHNIQUES AGRICOLES ET PRODUCTIONS TROPICALES

Collection dirigée par

René COSTE

Ingénieur d'Agronomie tropicale

Président de l'I.F.C.C.

- I. **Le Bananier**, par J. CHAMPION (*épuisé*).
- II. **Le Palmier à huile**, par Ch. SURRE et R. ZILLER (*épuisé*).
- III. **Les Plantes à épices**, par J. MAISTRE (*épuisé*).
- IV. **L'Ananas**, par C. PY et M.-A. TISSEAU (*épuisé*).
- V. VI. VII. **Le Riz**, par A. ANGLADETTE.
- VIII. **Le Cocotier**, par Y. FREMONT, R. ZILLER et M. DE NUCÉ LAMOTHE (*épuisé*).
- IX. **Le Cotonnier**, par R. LAGIÈRE (*épuisé*).
- X. **Les Plantes fourragères tropicales**, par B. HAVARD-DUCLOS.
- XI. XII. XIII. **Expériences de Développement agricole en Afrique tropicale**, sous la direction de John C. DE WILDE.
- XIV. **Le Caféier**, par R. COSTE.
- XV. **L'Arachide**, par P. GILLIER et P. SILVESTRE.
- XVI. **Valeur alimentaire de l'Arachide**, par J. ADRIAN et R. JACQUOT.
- XVII. **Le Cacaoyer**, par J. BRAUDEAU.
- XXVIII. XIX. **La Canne à sucre**, par R. FAUCONNIER et D. BAS-SEREAU.
- XX. **Insectes nuisibles des Cultures tropicales**, par E.-M. LAVABRE.
- XXI. XXII. **Les Agrumes**, sous la direction de J.-C. PRALORAN.
- XXIII. **La Vulgarisation agricole en Afrique et à Madagascar**, par P. CHANTRAN.
- XXIV. **Le Palmier dattier**, par P. MUNIER.
- XXV. XXVI. XXVII. **Problèmes et perspectives de l'agriculture dans les pays tropicaux**, par A. ANGLADETTE et L. DES-CHAMPS.
- XXVIII. **Le Désherbage des cultures sous les tropiques**, par J. DEUSE et E. M. LAVABRE.
- XXIX. **Le Manguier**, par F. DE LAROUSSILHE.
- XXX. **Le Cotonnier et ses produits**, par G. PARRY.
- XXXI. **Les Ravageurs des cultures vivrières et maraîchères sous les tropiques**, par J. APPERT et J. DEUSE.
- XXXII. **Le Manioc**, par P. SILVESTRE (*à paraître*).
- XXXIII. **L'Avocatier**, par GAILLARD (*à paraître*).

TECHNIQUES AGRICOLES ET PRODUCTIONS TROPICALES

Collection dirigée par

René COSTE

Ingénieur d'Agronomie tropicale

Président de l'I.F.C.C.

XXX

LE COTONNIER ET SES PRODUITS

PAR

Georges PARRY

Ingénieur Agronome

Ingénieur d'Agronomie Tropicale

Généticien, Adjoint au Directeur Technique

de l'Institut de Recherches du Coton et des Textiles Exotiques



G.-P. MAISONNEUVE & LAROSE

15, rue Victor-Cousin, 15

PARIS (V^e)

La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2 et 3 de l'article 41, d'une part, que « les copies ou reproductions strictement réservées à l'usage privé du copiste et non destinées à une utilisation collective » et, d'autre part, que les analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et d'illustration, « toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses ayants droits ou ayants-cause, est illicite » (alinéa 1^{er} de l'article 40).

Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par les articles 425 et suivants du Code Pénal.

© G.-P. MAISONNEUVE ET LAROSE, 1982

Printed in France

ISBN 2-7068-0823-3

*à Denise,
en reconnaissance d'une vie
de dévouement,*

PRÉFACE

L'excellent ouvrage sur le cotonnier publié en 1964 par R. LAGIÈRE étant maintenant épuisé, il serait impensable que demeurât désormais absente de la collection « Techniques Agricoles et Productions Tropicales » dirigée par R. COSTE, une plante qui assure la fourniture de 40 % de l'ensemble des matières textiles, naturelles ou artificielles, consommées dans le monde, dont la graine figure, avec le colza et l'arachide, au troisième rang des produits oléagineux après le soja et le tournesol et qui joue un rôle essentiel dans l'économie de certains pays des régions tropicales très dépourvus en ressources naturelles.

Aussi devons-nous nous réjouir que G. PARRY répondant aux amicales sollicitations de R. LAGIÈRE, ait accepté d'occuper dans cette collection la place laissée libre depuis quelques années. Il serait trop long d'énumérer ici tous les progrès réalisés au cours des quinze dernières années dans la connaissance du cotonnier et dans les techniques culturales qui lui sont appliquées.

Citons seulement les quelques exemples suivants :

— une nouvelle conception du classement génétique des différentes espèces de Gossypium ;

— de nouvelles techniques de sélections variétales et la création de plusieurs familles de variétés bien adaptées aux conditions africaines ;

— la création de variétés sans gossypol et l'étude des possibilités d'utilisation de la farine de graine de cotonnier et des protéines qu'elle contient ;

— le développement des recherches sur les méthodes de lutte non polluantes contre les parasites du cotonnier ;

— l'apparition de nouveaux produits insecticides et de nouveaux procédés de traitements ;

— l'évolution rapide, notamment chez les cultivateurs africains, des techniques vers une intensification des cultures impliquant en particulier la pratique de la fertilisation et l'usage des insecticides ;

— la diffusion de nouveaux procédés pour l'analyse technologique de la fibre de coton.

L'importance de tous ces nouveaux éléments entraîna rapidement G. PARRY à entreprendre en fait la rédaction d'un nouvel ouvrage, tâche considérable pour laquelle fort heureusement il put bénéficier de la collaboration amicale et éclairée de l'ensemble de ses collègues de l'IRCT spécialistes des diverses disciplines abordées.

Tel qu'il est présenté aujourd'hui ce nouveau livre sur le cotonnier propose ainsi aux agronomes, aux économistes et d'une manière générale à tous ceux qui sont intéressés par la culture de cette plante et la production de fibres de coton ou des sous-produits de sa graine, un inventaire, sommaire sans doute, mais aussi très complet et parfaitement ordonné des connaissances actuelles en ces domaines.

Il m'est très agréable de dire également que cet ouvrage constitue un bon témoignage de l'œuvre accomplie depuis trente-cinq ans par les chercheurs de l'IRCT et aussi de l'esprit d'équipe qui les a toujours animés. Et je souhaite vivement, pour ma part, que le lecteur, malgré l'austérité du sujet et des développements qu'il impose, puisse prendre conscience au détour des chapitres et des paragraphes de ce livre des préoccupations humaines qui ont toujours été à la base des travaux de notre Institut, dont le premier objectif a toujours été l'amélioration de la situation des cultivateurs.

A cet égard il est bon de souligner ici l'importance que la culture du cotonnier a pu revêtir au cours des dernières décennies pour l'évolution d'un grand nombre de cultivateurs de certaines régions d'Afrique mal pourvues en ressources naturelles. C'est ainsi tout d'abord qu'au plan des techniques culturales les exigences particulières de cette plante ont constitué un puissant facteur d'éducation et de progrès pour ces cultivateurs. D'autre part l'important apport monétaire représenté par la vente de leur coton leur a permis de résoudre leurs problèmes d'équipement, d'assurer la fertilisation de leurs terres sur les soles cotonnières et favoriser ainsi des arrières-effets au bénéfice des cultures vivrières ultérieures, enfin, d'une manière générale, d'assurer l'équilibre technique et économique de leurs exploitations.

L'importance et l'actualité des problèmes liés à l'évolution des cultivateurs des pays en développement et à l'adaptation de leurs exploitations, à une époque où l'impérieuse nécessité de transferts de technologie est unanimement reconnue au niveau international, fait que « Le Cotonnier et ses produits » de G. PARRY paraît à un moment particulièrement opportun.

C'est pour nous une nouvelle raison de remercier l'auteur pour le dévouement et la persévérance dont il a su faire preuve pour mener à bien la très lourde tâche d'assurer le rassemblement et la mise en forme des éléments de cet ouvrage. J'ajoute que nous sommes très

heureux que cette publication puisse constituer pour G. PARRY un très remarquable couronnement d'une longue carrière au service de la recherche cotonnière qui, après l'avoir conduit en Côte d'Ivoire, en Algérie et en El Salvador, lui permet aujourd'hui d'attacher son nom à une illustration de l'œuvre collective à laquelle il a participé pendant de nombreuses années au sein de notre Institut.

J'ai le devoir enfin d'exprimer notre reconnaissance à la Compagnie Française de Développement des Fibres Textiles (C.F.D.T.)* et à toutes les Sociétés cotonnières auxquelles elle est liée pour la coopération amicale qu'elles n'ont jamais cessé d'entretenir avec notre Institut. Ainsi fut assurée sur le terrain une liaison permanente très féconde et exemplaire entre la recherche et le développement. Ces organismes de développement ont contribué de manière capitale aux succès des travaux de recherches cotonnières entrepris depuis trente-cinq ans en Afrique. Nous devons donc souligner ici la part importante de ces Sociétés et de nos amis de la C.F.D.T. dans l'œuvre collective marquée aujourd'hui par la publication de ce nouvel ouvrage sur le cotonnier.

J. DEQUECKER,

Directeur Général de l'Institut
de Recherches du Coton
et des Textiles Exotiques**.

* C.F.D.T. — 13, rue Monceau, 75008 Paris. France.

** I.R.C.T. — 42, rue Scheffer, 75016 Paris. France.

AVANT-PROPOS

L'ouvrage « Le Cotonnier » de R. LAGIÈRE se trouvant épuisé, l'auteur eut l'aimable pensée de nous demander d'en réaliser la refonte complète, certains domaines étant largement dépassés depuis 1965 et la production cotonnière ayant fait de nombreux progrès, particulièrement en Afrique francophone.

Nous le remercions très amicalement de sa confiance, aussi présentons-nous ici un ouvrage totalement nouveau.

La préparation et la rédaction de ce livre, en dehors des bases solides que nous avons trouvées dans « Le Cotonnier » de R. LAGIÈRE, furent rendues possibles grâce à l'efficace collaboration des chercheurs de l'Institut de Recherche du Coton et Textiles Exotiques (IRCT) auquel nous appartenons.

Nous tenons à exprimer, en tout premier lieu, notre gratitude à tous nos collègues et amis qui ont participé directement à la rédaction des chapitres traitant de leur spécialité et en particulier J. CAUQUIL et J.-C. FOLLIN, phytopathologistes, M. COGNEE, physiologiste, J. LE GALL, entomologiste, L. RICHARD, agronome et J. SCHWENDIMAN, cytogénéticien. Nous avons signalé dans le corps de ce livre les parties où ils sont intervenus.

Nous remercions également tous les chercheurs et responsables régionaux de l'IRCT qui ont permis à l'exposé sur la culture cotonnière mondiale de refléter les réalités de 1980 :

MM. A. ANGELINI	
et G. SÉMENT	pour la Côte d'Ivoire ;
F. BLANGUERNON	pour le Sénégal ;
J. CADOU	pour le Mali ;
J. CAUQUIL	pour la Centrafrique ;
H. CORRE	pour la Haute-Volta ;
S. CRETENET	pour Madagascar ;
N. DOSSOU	pour le Togo ;
P. JACQUEMARD	pour le Cameroun ;

C. MÉGIE	pour le Tchad ;
G. PAULY	pour les USA ;
C. THÉVIN	pour le Bénin.

Enfin nous sommes reconnaissant à M. Y. PIRRO pour sa participation compétente à l'illustration de ce livre.

Si l'on veut bien admettre quelque valeur à cet ouvrage, c'est en grande partie à tous ces collaborateurs qu'il le devra.

Paris, juin 1981.

G. PARRY.

PREMIÈRE PARTIE

LE COTONNIER

CHAPITRE PREMIER

BREF HISTORIQUE DU COTON

L'appellation du coton remonterait d'après de nombreux auteurs au sanscrit « Karpasa-i » lui-même apparenté au grec « Karpaso » et au latin « Carbasus ». Il y a lieu toutefois de signaler que, dans l'esprit de l'époque, le mot désignait un tissu fin généralement en lin. Cette observation est également valable pour le mot arabe « qutun » ou « kutun » dont descend le mot actuel de coton, « cotton » des anglo-saxons. Il existe donc un nombre élevé de confusions quant aux premières dénominations, et ce n'est qu'en 62 après J.-C. que la fibre de coton brut est commercialisée en désignant sans ambiguïté le genre *Gossypium*. Le coton est transporté de l'Inde à la Mer Rouge en nombreuses caravanes pour y être vendu, l'Égypte du temps des Pharaons important cette fibre.

Quant à l'époque à laquelle a été utilisée la fibre de *Gossypium* par l'homme pour son habillement ou tout autre usage elle remonte à la préhistoire. La découverte de fragments de tissus par les archéologues a toujours été très rare car la conservation de ces vestiges est liée à la permanence d'un climat sec au lieu des fouilles. Le fragment le plus ancien connu a une origine que l'on situe à 3.000 ans avant J.-C. et fut découvert dans les excavations de Mohenjo-daro dans la vallée de l'Indus, partie ouest du Pakistan. Un tissu de coton datant de 2.500 ans avant J.-C., fut également découvert dans les fouilles au nord de la côte péruvienne.

Ces découvertes sont antérieures aux premières références littéraires sur le coton puisque la plus ancienne remonte à un texte indou qui d'après la plupart des érudits serait contemporain des années 1.500 avant notre ère. Par la suite on rencontre de fréquentes références au coton que ce soit Hérodote signalant qu'en Inde croissent des arbustes dont les fruits ont une laine plus belle que celle des moutons, ou de Théophraste qui indique que les Indiens font une toile avec les fruits d'un arbre dont les

feuilles ressemblent à celles du mûrier. Il semble que l'Inde fut durant les temps reculés le principal centre des cultures cotonnières du vieux monde et il le restera encore longtemps.

La culture cotonnière a été très largement diffusée dans tout le bassin méditerranéen par les Sarrazins lors de la prise de la Sicile et par les Arabes durant leur conquête de l'Afrique du Nord et de l'Espagne. L'industrie cotonnière à Barcelone deviendra même très florissante du x^e au xiii^e siècle. Au xv^e siècle, on retrouve la première mention du commerce cotonnier par les Britanniques et au xvii^e siècle, l'Égypte cultive elle-même une partie de son coton.

Mais la culture et le commerce du coton ne sont pas uniquement originaires de l'ancien monde. Cortez découvre au xvi^e siècle que les Mexicains cultivent le cotonnier et s'habillent de sa fibre. Nous avons signalé les découvertes archéologiques du Pérou et de nombreuses espèces de *Gossypium* à fibre ont comme berceau d'origine les Amériques. Il est donc historiquement logique que les habitants aient profité des ressources utilitaires que présentait cette fibre. On retrouve la trace de la culture cotonnière et de l'utilisation de sa fibre sur de très nombreux monuments ou vestiges anciens au Mexique, Guatémala, Colombie et Pérou.

Le xvii^e siècle est marqué par l'introduction en Amérique du Nord de graines originaires du Moyen-Orient et des Antilles. Les Anglais sont alors déjà solidement établis sur ce continent, aussi l'Angleterre par les échanges nombreux qu'elle entretient avec ses colonies devient-elle un centre important de manufacture de coton et de commerce de fibre. Ces tendances s'affirment au xviii^e siècle et des techniciens britanniques sont envoyés en Inde pour tenter d'améliorer la qualité du coton ; leurs efforts se solderont par des échecs.

Cependant c'est au cours de ce siècle que le progrès le plus important pour l'extension de la production cotonnière se réalisera : la fabrication d'une machine permettant de séparer la fibre de la graine dans de telles conditions qu'aucun frein matériel n'existera plus à la production, limitée autrefois aux possibilités de la main-d'œuvre familiale agricole. Whitney aux USA invente la première égreneuse à dents dont le brevet date du 14 mai 1794. Ce modèle précurseur des machines d'aujourd'hui fut presque immédiatement amélioré par Hodgen Holmes (1796) qui substitua aux dents fixées sur des cylindres des scies circulaires planes encore utilisées à l'heure actuelle. Très rapidement les améliorations se succéderont et au xix^e siècle, on assiste à un développement sans précédent de la culture et de l'industrie cotonnières dans toutes les parties du monde.

Parallèlement à ces progrès technologiques les chercheurs

réaliseront de nombreuses améliorations concernant la culture, les qualités de la fibre et les possibilités de production, progrès scientifiques qui se poursuivent encore actuellement, en particulier par les perspectives illimitées ouvertes par la cytogénétique.

De profondes mutations, transformations, créations se réalisèrent à partir de ce XIX^e siècle. Dans sa première moitié, l'Angleterre assiste au déclin rapide de toutes ses importations alors que les USA ne cessent d'étendre leurs cultures et leur industrie en raison des facilités de main-d'œuvre apportées par l'esclavage. Ils deviennent rapidement le plus grand producteur mondial.

La guerre de sécession paralyse l'expansion américaine de l'industrie et de la culture, favorisant de nouveaux courants commerciaux importants entre l'Inde et l'Angleterre. Ils seront de courte durée, la première moitié du siècle présent étant marquée par la suprématie mondiale de tous les courants commerciaux des USA. On note dans le même temps la fin de la supériorité anglaise en matière de filature et l'avènement des industries textiles en Europe. Cependant les cours mondiaux du coton seront désormais sous la dépendance de l'importance de la récolte de fibre et des stocks constitués par les USA.

La seconde moitié du XX^e siècle est marquée par l'accession à l'indépendance de tous les pays d'Afrique et d'Asie. Sur le plan cotonnier cela se traduira par l'apparition, encore timide aujourd'hui en Afrique, d'une industrie cotonnière qui cherchera à affirmer son indépendance nationale en développant sa culture et en créant des usines de filatures et tissages. Nul doute que dans les années et le siècle à venir, on assiste à un développement industriel important de tous ces pays ainsi qu'à une amélioration des techniques de culture qui permettra non pas d'étendre les surfaces, mais au contraire à les restreindre aux zones les plus appropriées, préservant ainsi la diversité des productions agricoles en général et des plantes vivrières en particulier. C'est ainsi que tous ces pays établiront une réelle dynamique de leurs économies nationales.

CHAPITRE II

LE GENRE GOSSYPIUM *

Le cotonnier est une dicotylédone dialypétale de l'ordre des Malvales auquel appartiennent de nombreuses autres plantes textiles tropicales. De la famille des Malvacées, tribu des Hibiscées, le cotonnier est du genre *Gossypium* L.

Quatre espèces de ce genre constituent le groupe des cotonniers cultivés caractérisés par la présence sur les graines de poils celluloseux utilisés par l'industrie textile. Les espèces *G. herbaceum* et *G. arboreum* donnent le coton dit indien à fibres épaisses et courtes, *G. barbadense* les fibres longues et fines du coton égyptien et *G. hirsutum* à fibres intermédiaires fournit près de 95 % de la production mondiale actuelle.

On trouve aussi une trentaine d'espèces sauvages impropres à tout usage textile, mais dont l'importance n'est pas négligeable pour les perspectives d'avenir de l'amélioration cotonnière.

On émet actuellement l'hypothèse que le genre *Gossypium* descendrait d'un phylum ancestral, présent en Afrique Centrale et aujourd'hui disparu et qui se serait ultérieurement scindé en six génomes, conséquence d'un isolement géographique prolongé. Divers arguments, liés à la cytogénétique ou à l'analyse génétique de déficiences chlorophylliennes chez les espèces diploïdes, donnent à penser que le phylum ancestral serait lui-même de nature polyploïde, par la juxtaposition de 6+7 chromosomes, d'où $n = 13$.

La diversification du genre en ses principaux groupes génomiques se serait produite au cours du Jurassique et du Crétacé, avant la formation des principales chaînes de montagnes et sous des climats chauds. La différenciation à l'intérieur des groupes aurait eu lieu à l'ère tertiaire, avec des climats plus froids

* Avec J. SCHWENDIMAN, cytogénéticien.

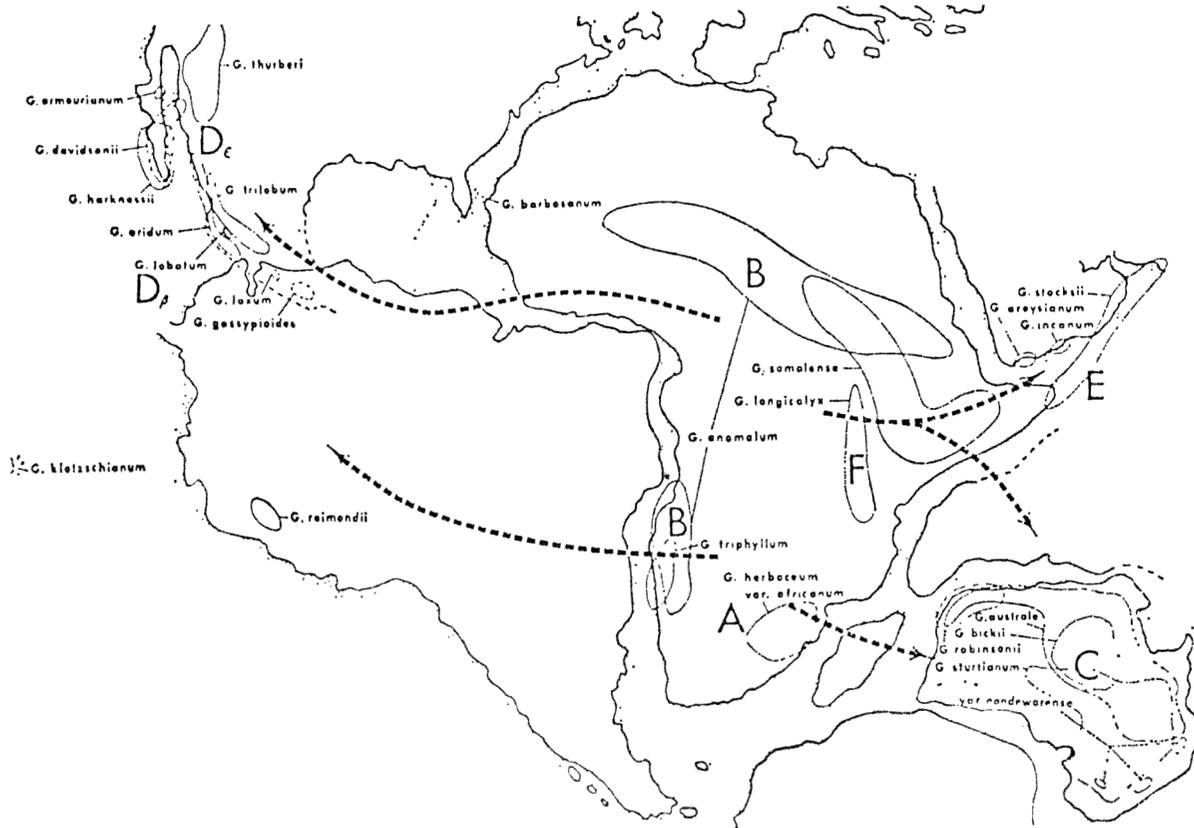


FIG. 1. — Pré-arrangement supposé des continents avant leur dérive avec la distribution actuelle des espèces diploïdes de cotonniers et leurs voies possibles de dispersion (d'après Johnson et Thein, 1970).

et moins humides, entraînant une restriction des zones favorables à une flore tropicale. La répartition des espèces dans les aires actuelles de distribution aurait débuté durant les plissements montagneux du Pliocène, qui ont créé les zones semi-désertiques où les espèces diploïdes se trouvent maintenant confinées.

Certains auteurs supposent que l'existence du continent de Gondwana aurait permis la répartition mondiale de ces diploïdes et que les isolements actuellement constatés peuvent s'expliquer par la dérive des continents (fig. 1).

LES GÉNOMES

Toutes les espèces possèdent soit $2n = 2x = 26$ chromosomes (plantes diploïdes) soit $2n = 4x = 52$ chromosomes (plantes tétraploïdes). Les travaux effectués par BEASLEY (1942), s'appuyant sur des considérations d'ordre cytologique, ont permis de répartir les espèces diploïdes recensées à cette époque selon cinq génomes symbolisés par les lettres A à E (un génome correspond au lot de chromosomes gamétiques d'un organisme diploïde) ; les lettres B, C, D, E, représentent des niveaux décroissants de l'appariement méiotique, observé à la métaphase I, chez les hybrides F_1 issus du croisement entre espèces appartenant à ces génomes et les espèces cultivées asiatiques (génome A). D'autres données sont venues confirmer le bien-fondé de cette classification : répartition géographique particulière à chacun des génomes, fertilité des hybrides entre espèces en relation avec leur degré d'affinité cytologique, taille des chromosomes à la métaphase I variant selon les génomes considérés. Depuis les synthèses effectuées par HUTCHINSON *et al.* (1947), SAUNDERS (1961), peu de bouleversements majeurs sont intervenus, les espèces récemment découvertes prenant place sans ambiguïté dans cette classification ; la seule exception concerne *G. longicalyx*, autrefois rattachée au génome E, et qui constitue maintenant un nouveau génome F que PHILLIPS et STRICKLAND (1966) estiment proche du génome A.

Les cotonniers tétraploïdes, cytologiquement très proches, s'hybrident sans difficulté. Il est désormais bien établi (HUTCHINSON *et al.*, 1945) qu'il s'agit d'amphidiploïdes, résultant du croisement entre deux espèces diploïdes appartenant, l'une au génome A (cotonniers cultivés asiatiques), l'autre au génome D (cotonniers sauvages américains), croisement suivi du doublement spontané du nombre de chromosomes.

GÉNOME A (espèces cultivées asiatiques).

- G. herbaceum* A₁ ;
G. arboreum A₂.

Il s'agit des deux seules espèces de cotonniers diploïdes possédant une fibre qui soit filable. *G. herbaceum* var. *africanum*, espèce pérenne considérée comme sauvage (malgré la présence d'une fibre véritable) se rencontre dans la savane de l'Afrique du Sud. *G. herbaceum* fut probablement cultivée en premier lieu en Arabie et en Syrie avant de migrer jusqu'à la péninsule indienne, *G. arboreum* apparue sous l'influence de la culture, découlerait de *G. herbaceum*.

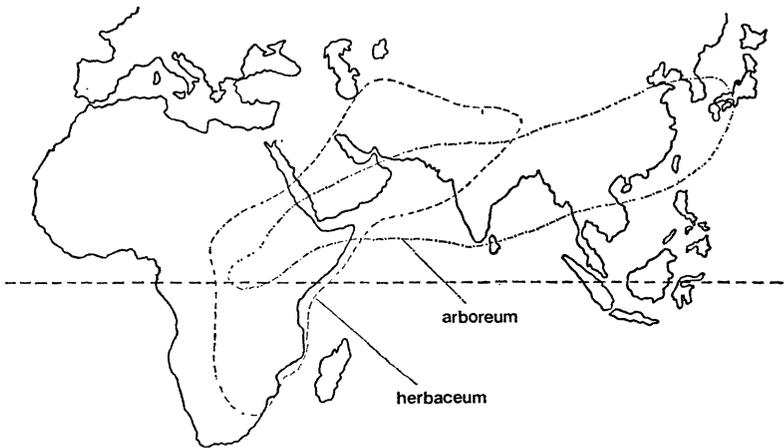


FIG. 2. — Répartition géographique des espèces du génome A (d'après Valiček P., 1979).

GÉNOME B (espèces sauvages africaines).

- G. anomalum* B₁ ;
G. triphyllum B₂ ;
G. barbosanum B₃ ;
G. capitis-viridis B₄ (n'existe qu'en herbier).

G. anomalum occupe maintenant (voir fig. 3) une aire de distribution discontinue en Afrique. Néanmoins, la variabilité à l'intérieur de l'espèce paraît très faible et des échantillons prélevés dans son aire méridionale ne sont pas morphologiquement différents de ceux de l'aire septentrionale. *G. anomalum* apparaît ainsi comme une espèce très spécialisée, couvrant auparavant une vaste zone géographique, et qui aurait ainsi atteint ce stade d'évolution

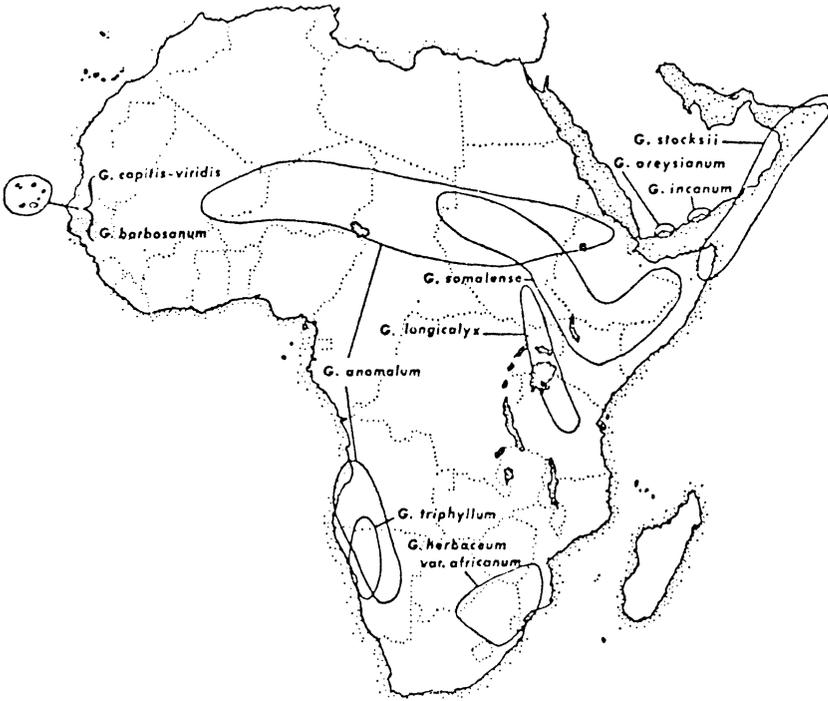


FIG. 3. — Répartition en Afrique et en Arabie de cotonniers diploïdes (d'après Southern Cooperative Series, bull. 139, 1968).

avant que les changements climatiques n'entraînent sa répartition actuelle en des aires disjointes.

On considère généralement que les espèces appartenant au génome B constituent les représentants vivants les plus proches du prototype du genre *Gossypium*.

GÉNOME C (espèces sauvages australiennes).

Parmi toutes ces espèces, nombre d'entre elles n'existent que sous forme d'échantillon d'herbier, aussi les relations cytogénétiques entre les espèces du génome C n'ont-elles pu être décrites complètement.

Dans celles mentionnées fig. 4, on estime qu'il doit probablement exister trois cytotypes distincts.

GÉNOME D (espèces sauvages américaines).

Les travaux de JOHNSON et THEIN (1970) portant sur l'analyse électrophorétique des protéines des graines des espèces diploïdes

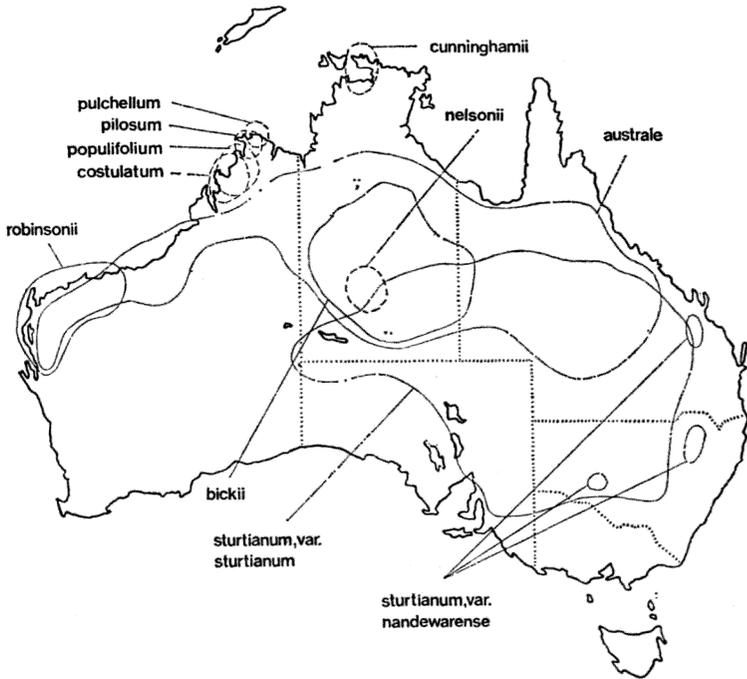


FIG. 4. — Répartition géographique des *Gossypium* sauvages australiens (d'après Valiček P., 1979).

ont permis de distinguer deux groupes à l'intérieur du génome D, le premier assez isolé des autres génomes, le second montrant des affinités avec les génomes E, C, B, et F (ordre d'affinité décroissant).

Génome D β	}	<i>G. raimondii</i>	Génome D ϵ	}	<i>G. thurberii</i>
		<i>G. gossypioïdes</i>			<i>G. trilobum</i>
		<i>G. aridum</i>			<i>G. davidsonii</i>
		<i>G. lobatum</i>			<i>G. klotzschianum</i>
		<i>G. laxum</i>			<i>G. armourianum</i>
					<i>G. harknessii</i>

GÉNOME E (espèces sauvages d'Arabie et d'Afrique).

On trouvera sur la fig. 3, la répartition géographique des quatre espèces qui forment ce génome, dont l'homogénéité cytologique n'est pas certaine ; *G. stocksii*, *G. somalense*, *G. aresianum*, *G. incanum*.

GÉNOME F (espèces sauvages africaines).

Il n'existe qu'une seule espèce, *G. longicalyx*, cytologiquement proche du génome A, mais la distribution des protéines la rapprocherait du génome B et de *G. sturtianum* et *G. robinsonii* du génome C.

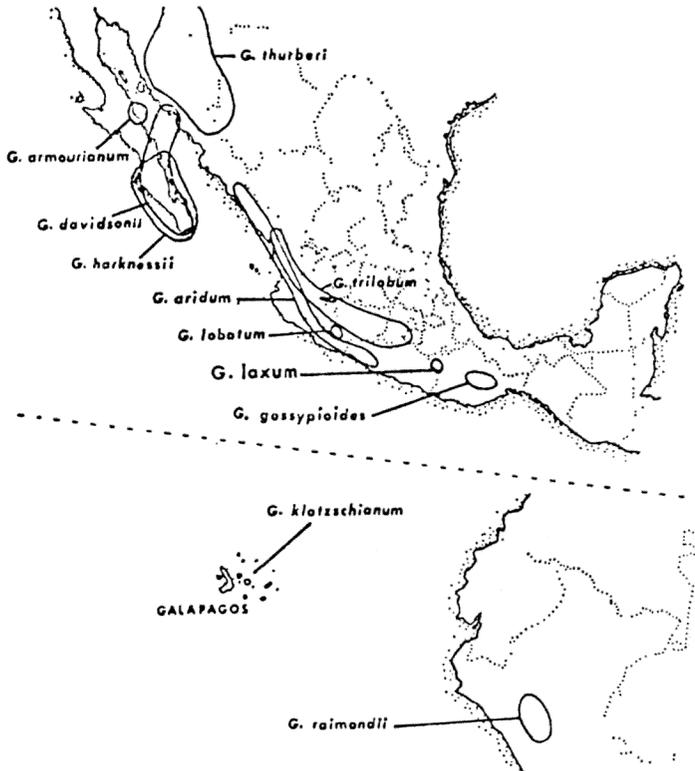


FIG. 5. — Répartition géographique des *Gossypium* diploïdes sauvages en Amérique (d'après Southern Cooperative Series, bull. 139, 1968).

CLASSIFICATION BOTANIQUE DES COTONNIERS

De nombreux auteurs se sont attachés à obtenir une classification cohérente du genre, dont la plus récente est celle de FRYXELL (1969) reproduite ci-après, intégrant les résultats obtenus par diverses techniques sur les relations interspécifiques.

GENRE GOSSYPIUM L

Espèces diploïdes

Sous-genre STURTIA TOD.

— Section *Sturtia*. — Sous-section *Karpasoïdea* PROKH.

- G. sturtianum* var. *sturtianum* WILLIS. (1947) ;
G. sturtianum var. *nandewarensis* FRYX. (1964) ;
G. robinsonii MUELL. (1975).

— Section *Hibiscoïdea* TOD. — Sous-section *Grandicalyx* FRYX.

- G. costulatum* TOD. (1877) ;
G. populifolium MUELL. (1877) ;
G. cunninghamii TOD. (1877) ;
G. pulchellum FRYX. (1965) ;
G. pilosum FRYX. (1974).

Sous-section *Hibiscoïdea*.

- G. australe* MUELL. (1858) ;
G. bickii PROKH. (1947) ;
G. nelsonii FRYX. (1974).

Sous-genre HOUZINGENIA FRYX.

— Section *Houzingenia* SKOV. — Sous-section *Houzingenia* SKOV.

- G. trilobum* SKOV. (1935) ;
G. thurberii TOD. (1877).

— Sous-section *Selera* FRYX. (1969).

- G. gossypioïdes* STANDL. (1923).

— Sous-section *Erioxylum* FRYX. (1969).

- G. aridum* SKOV. (1934) ;
G. lobatum GENTRY. (1956) ;
G. laxum PHILL. (1972).

Sous-section *Caducibracteolata* MAUER (1950).

- G. armourianum* KEARN. (1933) ;
G. harknessii BRANDEG. (1889).

Sous-section *Integrifolia* TOD. (1877).

- G. klotzschianum* ANDERSS. (1855) ;
G. davidsonii KELL. (1975).

— Sous-section *Austroamericana*.

G. raimondii ULBR. (1932).

Sous-genre GOSSYPIUM L.

— Section *Gossypium* L. — Sous-section *Gossypium*.

G. herbaceum L. (1753) espèce cultivée à fibre ;

G. arboreum L. (1753) espèce cultivée à fibre.

— Sous-section *Anomala* TOD.

G. anomalum WAWRA (1860) ;

G. capitis-viridis MAUER (1950) ;

G. barbosanum PHILL. et CLEM. (1963).

— Sous-section *Triphylla* PROKH.

G. triphyllum HOCHR. (1902).

— Section *Pseudopambak* PROKH. — Sous-section *Pseudopambak*.

G. stocksii MAST. (1874) ;

G. areysianum DELF. (1895) ;

G. incanum HILLC. (1959) ;

G. somalense HUTCH. (1947).

— Sous-section *Longiloba* FRYX.

G. longicalyx HUTCH. et LEE (1958).

Espèces tétraploïdes (génomés AD)

Sous-genre KARPAS RAF.

G. hirsutum L. (1753) espèce cultivée à fibre ;

G. barbadense L. (1753) espèce cultivée à fibre ;

G. tomentosum NUTT. (1865) ;

G. mustelinum MIERS (1907).

Une étude botanique complète de toutes les espèces de cotonniers déborderait le cadre de cet ouvrage, aussi invitons-nous le lecteur qui désirerait de plus amples précisions à se reporter, entre autre aux très bonnes descriptions botaniques de « Wild and cultivated cotton » de P. Valiček, édition IRCT, 1979 — et naturellement aux travaux de FRYXELL.

ORIGINE ET DESCRIPTION DES COTONNIERS CULTIVÉS

Les cotonniers cultivés sont ceux dont le revêtement pileux de la graine est utilisé par l'homme. *G. herbaceum* et *G. arboreum* sont les seules espèces diploïdes de ce type alors que *G. hirsutum* et *G. barbadense* représentent les tétraploïdes cultivés.

LES DIPLOÏDES ASIATIQUES.

Les espèces *G. herbaceum* et *G. arboreum* ont une longue histoire de culture en Afrique et en Asie. Il est pratiquement admis aujourd'hui que *G. herbaceum* var. *africanum*, espèce pérenne considérée comme sauvage avec une fibre véritable et que l'on rencontre dans les savanes d'Afrique du Sud, serait l'ancêtre des cotonniers cultivés *G. herbaceum*. D'autre part, l'espèce *G. arboreum*, apparue sous l'influence de la culture, découlerait de *G. herbaceum* et devient l'espèce prédominante tout en se différenciant en de multiples races. Cytologiquement, les deux espèces ne diffèrent que par l'existence d'une translocation réciproque, qui se traduit chez l'hybride F_1 par un quadrivalent typique à la métaphase I de la méiose (GERSTEL, 1953).

Des contacts existaient autrefois entre les civilisations qui fleurissaient simultanément à Mohenjo-Daro au Pakistan et à Babylone et, en conséquence, les cotons de la vallée de l'Indus se sont trouvés disséminés le long du golfe Persique. Mais à la suite de l'effondrement, vers le milieu du 3^e millénaire avant J.-C. de la civilisation de l'Indus, un isolement s'est établi qui a fourni les conditions qui ont permis à une divergence génétique de prendre place.

Actuellement, on reconnaît chez *G. herbaceum* trois variétés nettement caractérisées :

les *G. herbaceum* var. *africanum* rencontrées en Afrique du Sud ;

les *G. herbaceum* typiques de l'Asie Centrale ;

les *G. herbaceum* var. *acerifolium* trouvées en Inde occidentale et au Soudan.

Chez *G. arboreum*, on distingue les races *indicum*, *bengalense*, *burmanicum*, *cernuum*, *sinense* et *soudanense* qui sont morphologiquement très variables. La subdivision taxonomique ne se justifie pas.

G. herbaceum (fig. 6), est un arbuste ou arbrisseau rarement glabre avec une tige principale épaisse et rigide. Les jeunes pousses et feuilles ont une pilosité clairsemée. Les branches fructifères ont généralement de 4 à 5 nœuds et les branches végétatives sont souvent très longues. Les feuilles ont de 3 à 7 cm de long et sont de couleur vert vif. Le limbe a de 4 à 7 lobes arrondis avec un nectaire sur la nervure centrale. Les bractées s'épanouissent largement, depuis la fleur et la capsule ; leur forme est ronde ou très approximativement triangulaire, plus large que longue ; elles sont découpées en 6 à 8

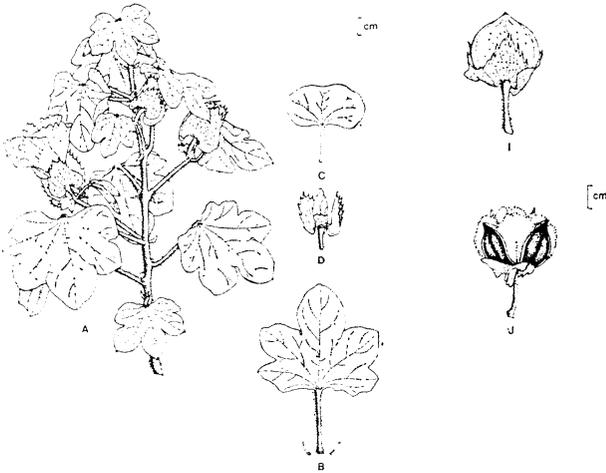


FIG. 6. — *Gossypium herbaceum* L. : A, plante. B, feuille. C, cotylédon. D, bouton floral. I, capsule verte. J, capsule mûre.

dents. La grandeur de la corolle est variable avec des pétales de couleur jaune rarement crème avec une macule à leur base variant en intensité ou couleur. La colonne staminale est composée d'anthers à filaments courts. Le style est court et le stigmate très rarement divisé au sommet. Quelques formes ont des fleurs cleistogames. La capsule est ronde avec des côtes saillantes à surface lisse et peu de glandes ; le sommet est mucroné. Elle mesure de 2 à 4 cm de long et se divise en trois à cinq loges. Dans un grand nombre de formes la capsule ne s'ouvre pas ou seulement au sommet à maturité. Il y a au plus onze graines par loge, porteuses de fibre et de fuzz, rarement nues.

G. arboreum (fig. 7). — Arbrisseau pérenne très branchu ou sous-arbrisseau annuel avec peu ou pas de branches végétatives. Quand elles existent, elles sont fines et flexibles. Branches fruc.

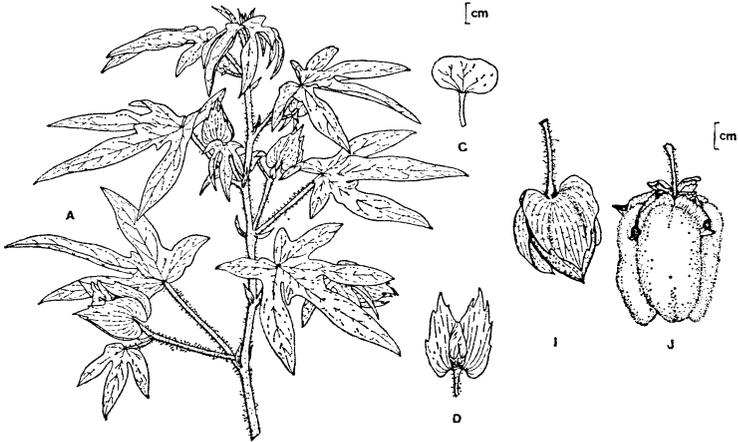


FIG. 7. — *Gossypium arboreum* : A, plante. C, cotylédon. D, bouton floral. I, capsule verte. J, capsule mûre.

tifères de 4 à 6 nœuds. Les jeunes feuilles et pousses sont finement pubescentes ou pileuses. Les feuilles sont découpées des $\frac{2}{3}$ ou des $\frac{4}{5}$ en cinq à sept lobes avec souvent des petits lobes supplémentaires dans les sinus. Les lobes sont allongés ovales, effilés de couleur verte à vert foncé, nectaires (1 à 3) sur les nervures. Les bractées enserrant étroitement le bouton floral et possèdent 3 à 4 dents grossières au sommet. La colonne staminale est réduite et couverte d'anthères à filaments courts. Le style est court ainsi que le stigmate. Celui-ci est rarement divisé au sommet. Le calice est entier à nectaires à son extérieur. La corolle est petite ; des fleurs cleistogames ont été signalées dans quelques formes. La corolle est de couleur crème, jaune, rouge ou blanche avec une macule rouge à la base des pétales. La capsule est effilée, abondamment ponctuée par des glandes proéminentes ; quelques formes ont des capsules lisses. L'espèce a des capsules retombantes qui s'ouvrent entièrement à maturité et divisées en quatre à cinq loges.

Les graines sont couvertes de fibre assez laineuse et de duvet. On rencontre des formes à graines nues.

LES TÉTRAPLOÏDES AMÉRICAINES.

Les cotonniers cultivés du nouveau monde sont des amphidiploïdes, groupant les génomes A et D. En 1961 BROWN a montré qu'un hybride habituellement stérile (*G. davidsonii* × *G. anomalum*) a donné des graines viables dont une plante fertile et vigoureuse s'est révélée tétraploïde. La duplication chromosomique naturelle

semblait donc possible et ce que l'expérience a été capable de révéler la nature pouvait donc l'avoir réalisé à l'origine des espèces tétraploïdes. Ce qui restait à expliquer, c'est la façon dont les génomes ancestraux ont pu se mettre en contact compte-tenu des répartitions géographiques qui leur sont propres. La dérive des continents que nous avons déjà évoquée est une hypothèse envisagée, mais le plus important pour l'amélioration de ces amphidiploïdes est de connaître les constituants génomiques A

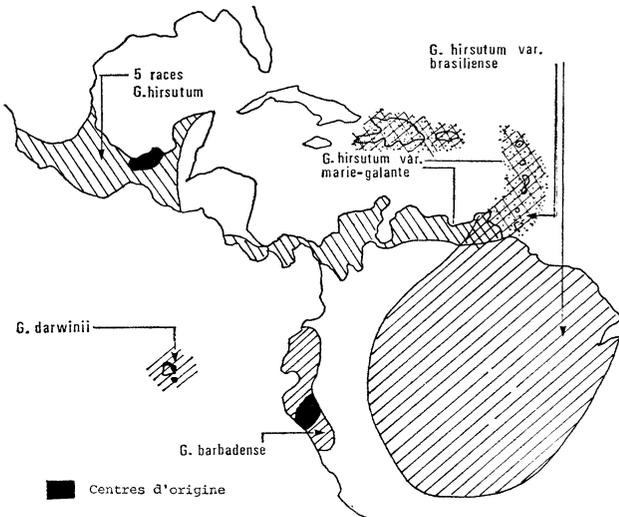


FIG. 8. — Répartition et centres d'origine des cotonniers tétraploïdes *G. hirsutum* et *G. barbadense* (d'après Philipps, 1976).

et D. Et c'est là que les opinions divergent et que le sujet continue d'être l'objet de nombreuses discussions.

Si les chercheurs s'accordent pour estimer que le génome A des tétraploïdes est plus proche de celui des *G. herbaceum* que de celui des *G. arboreum*, l'origine du génome D est très controversée. Également aucun consensus ne s'est fait sur l'ascendance des *G. hirsutum* et *G. barbadense*, soit qu'elle serait monophylétique, c'est-à-dire découlerait d'une seule et même combinaison, ou soit qu'elle serait polyphylétique. Ni l'utilisation de l'analyse électrophorétique, ni celle des pigments en complément de la cytologie n'ont permis de réaliser l'unanimité des opinions. Seuls les lieux d'origine de ces amphidiploïdes ne sont plus mis en doute (fig. 8).

G. hirsutum (fig. 9). — C'est un petit arbrisseau pérenne ou annuel. La plante est généralement recouverte de poils et parsemée de glandes. Les branches végétatives (monopodiales) se développent à la partie inférieure du plant et les branches fructifères ont de un à cinq entre-nœuds. Les feuilles sont de tailles variables avec de trois à sept lobes et des pétioles velus. Les fleurs ont des pédoncules courts avec des bractées ornées de 8 à 14 dents assez longues. La corolle s'ouvre librement et est formée de pétales en nombre variable de couleur blanche à jaune crème ; pas de macule à la base du pétale en général. La colonne staminale est à filet moyen et style assez court, le stigmate se situe en partie au niveau des anthères. Capsule de forme ronde ovoïde mucronée ou non. Les capsules sont lisses assez grosses, elles possèdent quatre à cinq loges contenant chacune de 6 à 12 graines. Généralement, les graines sont vêtues de linters gris, blancs ou verts. La fibre est de couleur variable allant du blanc au crème. Cette espèce représente près de 95 % des variétés cultivées dans le monde.

G. barbadense (fig. 10).

Cette espèce est un arbuste pérenne ou arbrisseau annuel de un à trois mètres de haut. Les branches végétatives en nombre variable, s'insèrent sur des nœuds inférieurs du tronc principal. La pilosoté est assez variable, mais généralement peu abondante, certaines feuilles sont mêmes glabres. La coloration de la charpente du plant est vert foncé à brun pour les parties lignifiées. Les feuilles sont assez grandes avec trois à cinq lobes à sommets acuminés. On observe un à trois nectaires sur les nervures principales. Les bractées ovales ont de dix à quinze dents et le calice à sépales soudés est à bord régulier. La fleur est grande à corolle jaune avec des pétales à macule plus ou moins prononcée mais presque jamais absente. La fleur ne s'ouvre pas largement, mais forme un long tube étroit qui dépasse les bractées. Les anthères disposées sur la colonne staminale ont de courts filets. Le stigmate dépasse la colonne staminale. Les capsules sont assez grandes, longues, acuminées, divisées généralement en trois loges, rarement plus. Une huitaine de graines par loge. Les graines sont rarement vêtues, mais possèdent souvent une touffe de duvet de couleur blanche grise ou verte à une de leur extrémité.

Le centre d'origine des *barbadense* est l'Amérique du Sud tropicale, côté Océan Pacifique. On trouve cette espèce dans une aire englobant toute l'Amérique du Sud tropicale, l'Amérique Centrale jusqu'au Guatemala et les Iles Caraïbes et les Galapagos.

Le *G. barbadense* s'est rencontré aux Antilles avec la variété *brasiliense* et de là, des graines furent envoyées vers 1785 en Caroline du Sud d'où fut extrait le Sea Island. Celui-ci se distingue



FIG. 9. — *Gossypium hirsutum* : A, plante. C, cotylédons. D, bouton floral. I, capsule verte. J, capsule mûre.

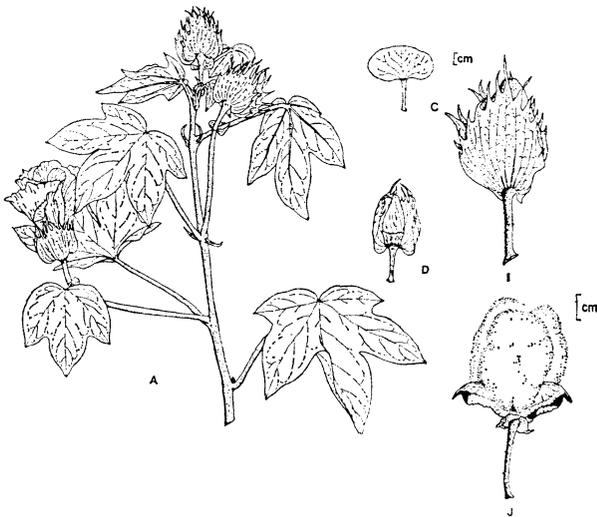


FIG. 10. — *G. barbadense* : A, plante. D, bouton floral. C, cotylédon. I, capsule verte. J, capsule mûre.

du type *barbadense* par un port annuel, la presque disparition des branches végétatives, la précocité de la récolte et sa grande sensibilité à la bactériose.

Tous ses autres caractères taxonomiques sont ceux du *G. barbadense* dont il fait partie. On le rencontre aux Antilles et il fut introduit en Afrique. Ce n'est qu'au XIX^e siècle que les cultivars égyptiens se développèrent avec le succès qu'on leur connaît.

CHAPITRE III

MORPHOLOGIE DES COTONNIERS CULTIVÉS

Le polymorphisme du cotonnier est très grand entre les différentes espèces cultivées du genre *Gossypium* comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent. Il l'est également à l'intérieur d'une même espèce sous l'influence de l'un ou de plusieurs facteurs : milieu, température et humidité, sélection, type de culture.

Nous pensons nécessaire de bien connaître la morphologie du cotonnier particulièrement celle des amphidiploïdes puisque les diploïdes sont circonscrits pratiquement à l'Inde. Ceci permet de mieux comprendre la cause des variations que l'on peut parfois rencontrer en culture et de distinguer celles qui sont dues à des accidents cultureux de celles qui peuvent avoir des origines génétiques ou phénotypiques.

STRUCTURE ET PORT DE LA PLANTE

La partie souterraine du cotonnier comprend une racine pivotante s'enfonçant verticalement et tout un système de ramifications latérales explorant le sol. Elle réalise la fixation de la plante et assure la plus grande partie de son alimentation si l'on excepte l'approvisionnement en carbone réservé aux feuilles.

La partie aérienne supporte la récolte et est composée d'une tige principale et de rameaux qui prennent naissance aux nœuds de ce dernier. Suivant l'inclinaison que prennent les branches par rapport au tronc principal, et le développement des branches latérales les unes par comparaison aux autres, les cotonniers annuels ont des ports qui peuvent être différents suivant espèces, variétés et types de culture.

Parmi les principaux citons (fig. 11) :

— le port **pyramidal** lorsque les rameaux latéraux sont presque horizontaux et que leur développement de la base au sommet est en longueur décroissante ;

— le port **élané** lorsque les branches de la base sont presque inexistantes et que les suivantes ont toutes une inclinaison accentuée par rapport au tronc principal ;

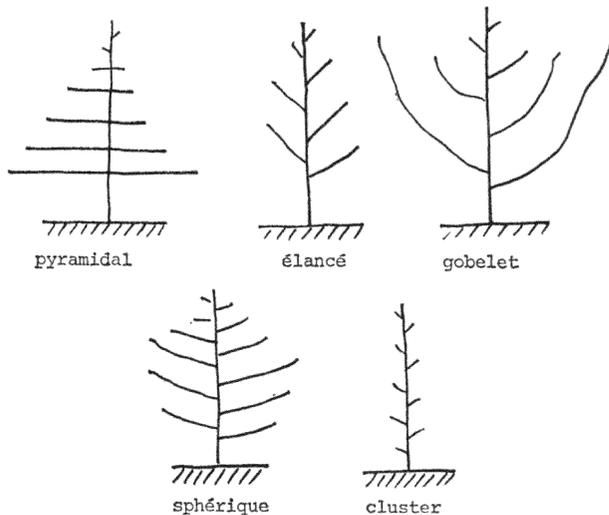


FIG. 11. — Schémas des ports du cotonnier.

— le port en **gobelet** lorsque les branches de la base prennent un grand développement incliné au détriment des rameaux supérieurs et du tronc principal. On doit distinguer ce port, naturel à certaines variétés, du port accidentel qui se manifeste lorsque la partie supérieure du tronc principal a été cassée ou que la partie non lignifiée du sommet a été rongée par une chenille (*Earias* par exemple) ou tout autre ravageur ;

— le port **sphérique** lorsque les rameaux supérieurs étalés ou légèrement inclinés ont un développement presque aussi important que ceux de la base ;

— le port « **cluster** » lorsque les entre-nœuds des branches latérales sont pratiquement inexistantes et que la fructification est groupées contre chaque nœud du tronc principal ; dans certains cas, on observe un certain départ de quelques branches de la base.

RACINES

L'ensemble racinaire constitue un élément important de la plante car il a un double rôle, d'abord physique comme soutien de la partie aérienne, et ensuite nutritif pour l'absorption des éléments fertilisants du sol.

La racine du cotonnier est du type pivotant et comprend une racine principale s'enfonçant dans le sol d'où partent des racines

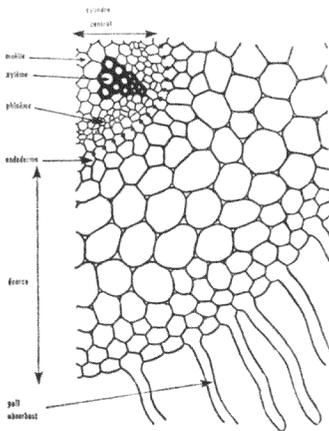


FIG. 12. — Coupe histologique transversale d'une jeune racine.

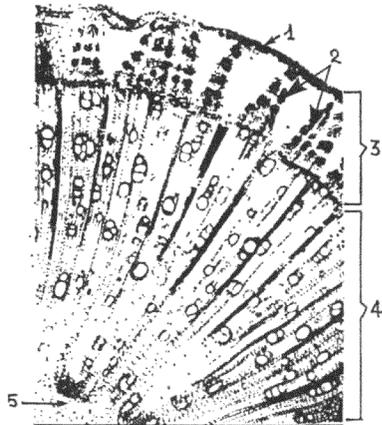


FIG. 13. — Coupe histologique transversale d'une tige âgée : 1, cuticule. 2, faisceaux de fibres. 3, écorce. 4, cylindre central. 5, moelle.

latérales terminées par la zone pilifère. Lorsque les conditions de température et d'humidité sont favorables les racines se développent avec grande rapidité : environ 3 cm par jour durant la première semaine, plus de 2 cm le premier mois, enfin 2 cm pendant la culture.

En section transversale, les jeunes radicelles (fig. 12) sont composées d'une assise externe pilifère, de parenchyme cortical, du cylindre central comprenant des faisceaux de phloème (liber), de xylème (bois) et parfois de moelle. Un assez grand nombre de cellules de l'assise pilifère est en forme de longs tubes, les poils absorbants, qui assimilent l'eau et les éléments minéraux. Les racines plus âgées ont pratiquement la même structure que les tiges âgées (voir fig. 13).

La croissance de la racine est pour une grande part liée à la nature du sol. Sans obstacle et dans un sol profond, riche et léger, nous avons observé des racines atteignant près de 3 mètres (photo 17). Par contre, si le pivot de la racine rencontre un obstacle infranchissable, tel que nappe phréatique, partie non labourée très dure, rocher, il peut cesser de croître et ce sont des racines latérales qui se développent. Nous avons observé dans les sols salins d'Algérie des racines latérales qui se sont développées à l'intérieur du billon, le pivot ayant été arrêté par la nappe phréatique très chargée en chlorures. Dans tous les cas, les racines deviennent superficielles et le cotonnier est alors très sensible aux variations d'humidité. On doit retenir que la potentialité productive d'une plante sera en liaison directe avec le volume de terre exploré par les racines.

TIGES ET RAMEAUX

Très jeunes — moins de trois semaines après la germination — les tissus de la tige sont composés, de l'extérieur vers l'intérieur, d'un épiderme recouvert de cuticule, de parenchyme cortical avec son collenchyme, de faisceaux libero-ligneux et de moelle.

Très rapidement le fonctionnement du cambium et la disparition par écrasement d'un certain nombre d'éléments transforment cette structure primaire en structure secondaire plus complexe (fig. 13). La tige âgée se compose des tissus suivants, de la partie externe à la partie interne : écorce brun foncé réduite à une couche de cellules protectrices, de massifs triangulaires constitués de fibres lignifiées et de phloème conducteur, qui sont séparés par des parenchymes, du cambium disposé en anneau, du xylème (ou bois) très développé et de la zone médullaire généralement vide de cellules.

Des glandes à gossypol sont enfoncées plus ou moins profondément dans la partie externe au cambium.

La présence de poils sur le tronc principal, les rameaux et les feuilles, leur densité et leur longueur, sont des caractères héréditaires (photo 1). Tous ces organes peuvent être glabres chez certains cultivars.

En se développant, la tige forme des nœuds assez régulièrement espacés à l'âge adulte au niveau desquels partent des rameaux de deux natures :

— **branches végétatives** se développant sur les nœuds de la base au-dessus du nœud cotylédonaire. Ces branches en nombre très variable suivant espèces, variétés et cultivars, sont parfois

absentes. Leur croissance est monopodique c'est-à-dire qu'elle est continue par suite du fonctionnement du méristème du bourgeon terminal. Au niveau des différents nœuds de ces branches peuvent se développer des fruits ;

— **branches fructifères** : elles se développent à partir de tous les nœuds du tronc principal situés au-dessus d'un certain niveau ; elles sont formées de segments successifs en forme de zigzag : cet aspect est dû à leur développement sympodique, c'est-à-dire discontinu ; l'extrémité de chaque segment porte latéralement un organe fructifère et une feuille, et l'allongement du segment suivant se réalise par la croissance d'un bourgeon situé lui aussi en position latérale, mais opposé à la fois à la feuille et à l'organe fructifère.

FEUILLES

Le rôle des feuilles du cotonnier est : réserve, assimilation, respiration et transpiration. La feuille permet également de connaître l'état des échanges avec le sol lorsqu'elle est judicieusement choisie dans le temps et convenablement analysée (diagnostic foliaire et pétiolaire).

On observe sur cotonnier plusieurs types de feuilles très différentes (voir fig. 6 à 10) :

— **feuilles cotylédonaire**s — les deux cotylédons fournissent à la plantule l'essentiel de sa nutrition avant que les racines puissent subvenir à ses besoins. Ils jouent un rôle bref et essentiel puis se dessèchent et tombent. Ils laissent sur le tronc principal du cotonnier, deux cicatrices opposées qui servent de base au comptage du nombre d'entre-nœuds.

Les feuilles cotylédonaire

s se composent d'un limbe en forme de rognon ovale irrégulier et d'un pétiole. Elles sont de couleur vert clair à vert foncé parfois avec une pigmentation anthocyanique ; les glandes à gossypol sont assez visibles ;

— **premières feuilles** à limbe généralement entier ou peu denté, lancéolé. Leur nombre est très variable avant qu'apparaissent les feuilles caractéristiques. Elles sont composées d'un limbe maintenu par des nervures, un pétiole et deux stipules à leur base.

— **les feuilles proprement dites** ont un assez grand polymorphisme sur une même plante. Toutefois, la majorité de celles-ci représente le caractère le plus visible de l'espèce, voire le cultivar. La feuille est composée d'un pétiole se ramifiant en formant des

nervures qui soutiennent le limbe. Il existe fréquemment une glande nectarigène sur une ou plusieurs nervures principales. Le limbe des feuilles des cotonniers cultivés est du type palmé avec des lobes plus ou moins échancrés. Les feuilles sont palmatilobées, palmatipartites ou palmatiséquées. Elles ne sont jamais du type composé.

Le limbe est de couleur vert clair à vert foncé suivant l'espèce et le cultivar. Les changements de coloration du limbe et des nervures peuvent être une présomption de certaines carences. Le limbe est turgescant lorsque la plante est en bonne santé. La perte de cette consistance est le signe d'un déséquilibre hydrique sans gravité réelle s'il n'est que très passager comme à l'heure la plus chaude de la journée par exemple, mais très préoccupant pour la production s'il devait persister. La feuille est donc le reflet assez fidèle du bon équilibre hydrique d'un cotonnier.

La feuille peut être glabre ou pileuse dans les mêmes conditions que tiges et rameaux ; l'absence de poils favorise la destruction naturelle de certains ravageurs, la pilosité permet la lutte contre certains insectes piqueurs.

Le limbe de la feuille est parsemé d'un réseau de stomates très dense, de 40 à 180 mm² sur la face supérieure et de 100 à 300 sur celle inférieure des *G. hirsutum*. Les *G. barbadense* sont un peu moins riches : 45 à 100 en face supérieure, 120 à 180 en face inférieure. Chaque stomate mesure environ 38 microns.

La phyllotaxie ou disposition des feuilles sur la plante est du type 3/8 chez *G. hirsutum* où le numérateur représente le nombre de circonférences et le dénominateur le nombre de feuilles pour passer de l'une à celle qui lui est immédiatement superposée.

A l'aisselle de la feuille il existe deux bourgeons axillaires, dont un se développe en donnant naissance à une branche, l'autre restant en réserve au cas où le premier avorterait. On rencontre également des cas où les deux bourgeons se développent. Les branches sont soit végétatives soit fructifères sans qu'une règle connue puisse le prédéterminer.

FLEURS

Elle naît d'un bourgeon spécial différencié dès son origine (voir, Les phases de développement, p. 62) ; il est protégé par trois bractées qui le recouvrent entièrement. Dès sa naissance, de la grosseur d'une tête d'épingle, il est visible sur la plante ; on lui donne généralement le nom anglais de « square » pour le différencier du bouton floral plus avancé en âge.

Une fleur de cotonnier est composée de (fig. 14) :

- un **pédoncule** plus ou moins long et inséré sur une branche fructifère ;
- trois **bractées** à dents plus ou moins profondément marquées de taille variable suivant les espèces et variétés.

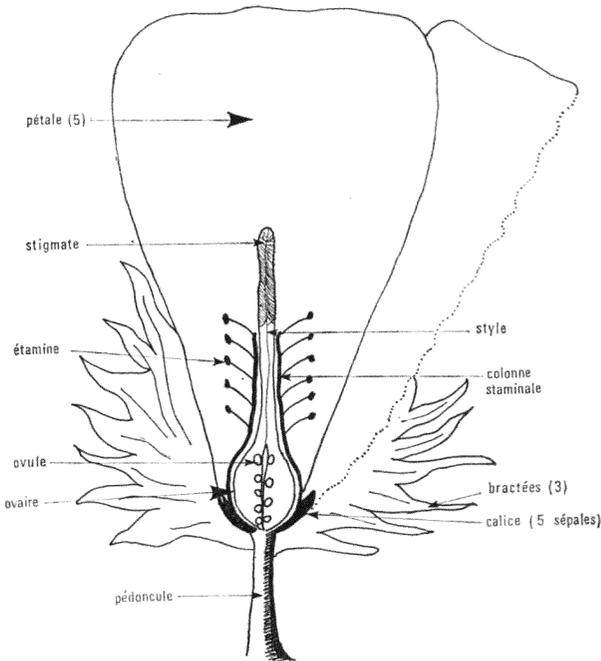


FIG. 14. — Vue en coupe longitudinale d'une fleur de cotonnier.

Ce verticille reste fonctionnel jusqu'à maturité des fruits et possède un rôle nutritif dans le développement du fruit. Les bractées ont une constitution assez semblable à celle de la feuille. Leur coloration est celle du système foliaire ;

— un **calice** gamosépale formé de cinq sépales réduits et à la denture plus ou moins prononcée. Sa couleur est d'un vert généralement plus pâle que celui de la plante ;

— une **corolle** dialypétale de cinq pétales à préfloraison tordue dont la coloration varie entre le blanc crème et le jaune vif avec toutes les valeurs intermédiaires. Seuls les pétales de *G. hirsutum* ne possèdent pas une macule rouge à leur base. Les dimensions

de la corolle et le plus ou moins grand étalement des pétales sont des caractéristiques génétiques. Certaines plantes ont des fleurs cléistogames, caractère que l'on retrouve pour l'ensemble de la descendance. Cette corolle prend une coloration rouge dès le lendemain de l'épanouissement (photo 3) ;

— un **androcée** composé d'**étamines** en nombre variable sur les fleurs d'une même plante. Les étamines sont composées d'un filet à la base et d'une anthère. Les filets, soudés entre eux, recouvrent l'ovaire et constituent une colonne staminale pleine, caractère distinctif des malvacées, mais restent libres à quelques millimètres du sommet. Cette colonne staminale, soudée à sa base aux pétales en dessous de l'ovaire reste indépendante du gynécée. La castration de la fleur est donc relativement facile car il est possible de découper avec l'ongle et d'enlever l'ensemble pétales et étamines sans endommager l'ovaire.

Les **grains de pollen** sont contenus dans les sacs polliniques de l'anthère. Ils se présentent sous la forme d'une sphère hérissée de petites arêtes en forme d'épine (fig. 15). Ils sont jaune clair

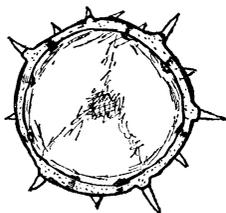


FIG 15. Vue en coupe d'un grain de pollen.

et leur diamètre est d'environ 129 μ pour l'espèce *G. barbadense* et 199 μ pour *G. hirsutum*.

— un **gynécée** qui comprend plusieurs parties :

- l'**ovère** supère, constitué de 3 à 5 carpelles, exceptionnellement 6, divisant le fruit en autant de loges dans chacune desquelles on trouve 6 à 12 ovules ; le nombre de loges bien qu'assez variable dans la même espèce est cependant assez représentatif : trois à quatre, rarement cinq pour les *G. barbadense*, *arboreum* et *herbaceum* ; quatre à cinq, très rarement trois, pour les *G. hirsutum* ;

- le **style** formé de lobes soudés en nombre égal à celui des carpelles ;

- le **stigmate** situé à l'extrémité du style et dont la fonction est de retenir et de permettre la germination des grains de pollen. Comme le style, il est formé de lobes soudés qui sont parfois légèrement séparés à leur sommet. La coupe du stigmate fait apparaître

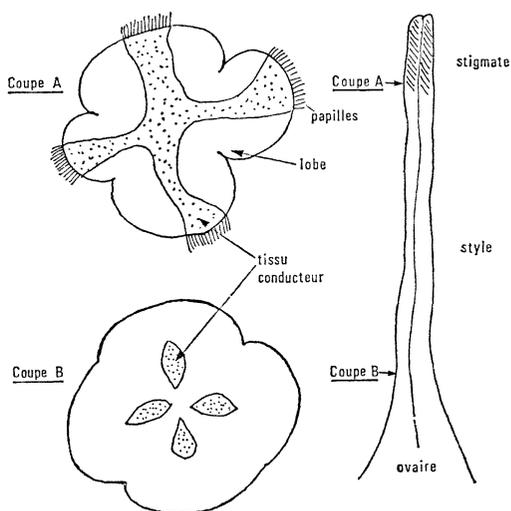


FIG. 16. — Coupe du stigmate (A) et du style (B) d'un ovaire à quatre loges.

(fig. 16) un tissu conducteur des tubes polliniques qui se prolonge à l'extérieur par des papilles, sécrétant un liquide spécial qui fixe les grains de pollen pour leur germination. Le stigmate est soit en partie enfoui dans la colonne staminale et les anthères, soit au contraire distinctement détaché de ces dernières.

- des **nectaires** qui sont des glandes externes sécrétant le nectar, sorte de suc sucré attirant les insectes (photo 64).

FRUITS

Le fruit du cotonnier est une capsule. Elle comprend un péricarpe qui constitue la paroi de l'ovaire et dont les tissus sont relativement tendres jusqu'à un âge avancé de celle-ci. A l'intérieur de l'ovaire se développent les graines sur lesquelles croissent les fibres.

La forme et la grosseur des capsules sont caractéristiques d'une espèce et d'un cultivar. Elles sont sphériques, ovoïdes ou piriformes, mucronées ou non à la partie opposée au pédoncule (photo 18) et mesurent de quatre à huit cm de long sur trois à quatre de diamètre en leur renflement maximum. Leur couleur est en harmonie avec celle du feuillage, la surface étant en outre plus ou moins ponctuée de glandes, apparentes ou non.

GRAINE, FIBRE ET DUVET

Les grains de pollen qui germent à la surface de l'anthere fécondent chacun un ovule qui, en se développant, donne naissance à la graine. Chaque loge peut compter jusqu'à une dizaine de graines et, en dessous de six ovules fécondés, on a de fortes chances d'observer l'abscission de la capsule.

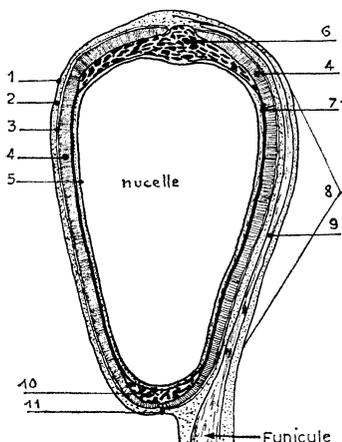
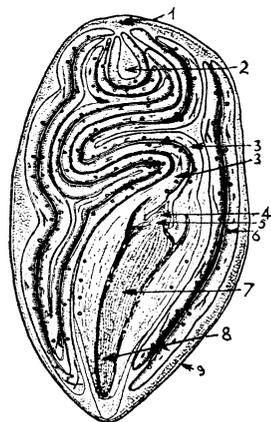


FIG. 17. — Coupe transversale schématique d'un ovule : 1, épiderme. 2, tissu pigmenté externe. 3, tissu incolore. 4, tissu palissadique. 5, membrane cellulaire. 6, tissu pigmenté de la chalaze. 7, tissu pigmenté interne. 8, raphé. 9, faisceau vasculaire. 10, tissu du micropyle. 11, micropyle.

FIG. 18. — Coupe transversale schématique d'un embryon : 1, nucelle. 2, endosperme. 3, cotylédons. 4, gemmule. 5, épicotyle. 6, glande. 7, tigelette. 8, radicule. 9, membrane.



L'ovule du cotonnier est anatrophe, c'est-à-dire qu'il est retourné sur lui-même et soudé au funicule avec un micropyle proche du hile (point d'insertion du funicule sur le placenta (fig. 17)). La partie soudée du funicule à l'ovule s'appelle le raphé ; elle est visible sur la graine mûre débarrassée de ses poils. Le funicule contient les vaisseaux d'alimentation de l'ovule. Celui-ci est entouré des cinq membranes représentées en 1 à 5 de la figure citée ; ces membranes se retrouvent d'ailleurs sur la graine à maturité et forment son enveloppe. Cette dernière prend le nom de coque lorsqu'elle est sèche et que la graine est séparée de son fruit.

L'embryon de la graine à maturité (fig. 18) est entouré d'une membrane d'origine endospermiqne. Il comprend la radicule et la tigelle formant l'axe hypocotylé, la gemmule et les deux cotylédons. L'axe épicotylé est presque inexistant et n'apparaîtra qu'à la germination. Les cotylédons sont repliés sur eux-mêmes et remplissent complètement la cavité séminale. On remarque dans leurs tissus des glandes pigmentées contenant divers composés, dont le gossypol, étudiés plus loin (chap. IX et XIV).

A la surface des graines, les fibres prennent naissance ainsi qu'un duvet formé de poils de quelques millimètres seulement. Les graines possédant ce duvet sur toute leur surface sont dites vêtues ; celles qui en sont dépourvues sont des graines nues. Entre nues et vêtues, il existe toutes les formes intermédiaires, que ce soit dans la densité du duvet ou la longueur de ses poils toujours très courts, ou que ce soit dans la répartition de ce dernier sur les graines, certaines d'entre elles n'étant que partiellement vêtues (photo 19). En général les cultivars de *G. hirsutum* sont vêtus, ceux de *G. barbadense* nus ou partiellement vêtus.

Les fibres sont de coloration blanche, crème, brun clair ou vertes (photo 2). Le duvet évolue dans la même gamme de coloration mais indépendamment de celle des fibres.

Le poids de la graine est très variable suivant les espèces et le cultivar. Il est néanmoins très influencé par les conditions de milieu du développement du cotonnier, les difficultés d'alimentation qu'il rencontre le diminuant toujours et tout particulièrement la sécheresse. Il varie de 5 g à 15 g pour cent graines.

La fibre, la graine et le duvet seront étudiés en détail dans les troisième et quatrième parties de ce livre.

GLANDES

Nous en avons déjà signalé la présence sur diverses parties de la plante.

Le cotonnier renferme deux sortes de glandes : les internes et les externes.

Les **glandes internes** sont présentes dans toutes les espèces de cotonniers et réparties dans le plant entier, racines comprises, sauf dans les téguments des graines. Elles sont situées à plus ou moins grande profondeur dans les tissus, mais toujours en dehors du bois. Ce sont des sacs ovoïdes, de 0,1 à 0,4 mm de diamètre, bordés de cellules, qui libèrent à l'intérieur des composés rougeâtres (parties exposées à la lumière) ou jaunâtres. Le gossypol, et des composés chimiques voisins, en constituent

l'élément essentiel. C'est un pigment toxique qui pose des problèmes particuliers lorsque le rôle alimentaire de la plante est à considérer.

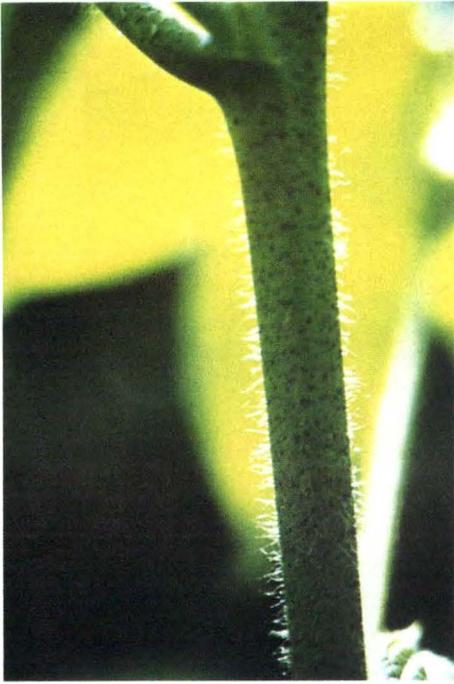
Les **glandes externes** ou nectaires secrètent un suc attirant certains insectes ou larves et sont présentes :

— sur la nervure centrale ou les trois nervures principales de la feuille ;

— à l'intérieur de la fleur en anneau à la base du calice ;

— trois à l'extérieur du calice ;

— trois sur le pédoncule à base des bractées facilement visibles de l'extérieur (photo 64).



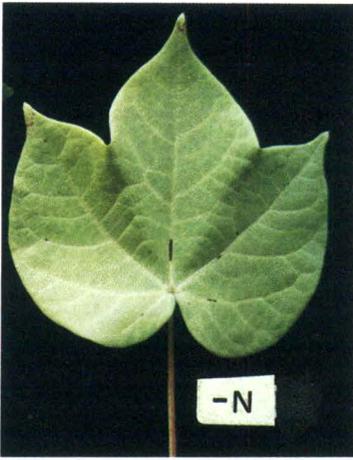
Ph. 1. — Cotonnier pileux.



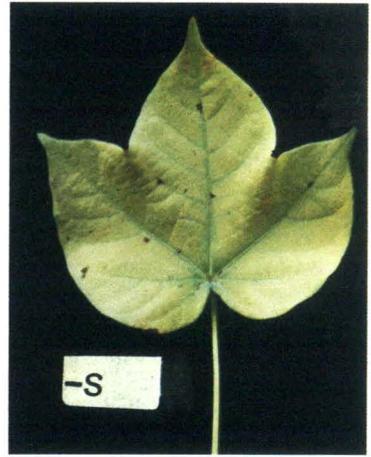
PH. 2. — Cotonnier à fibres blanches et
cotonnier à fibres kaki (J. GUT-
KNECHT).



PH. 3. — La corolle de
la fleur, blanche à
jaune, rougit dès le
lendemain de l'épa-
nouissement.



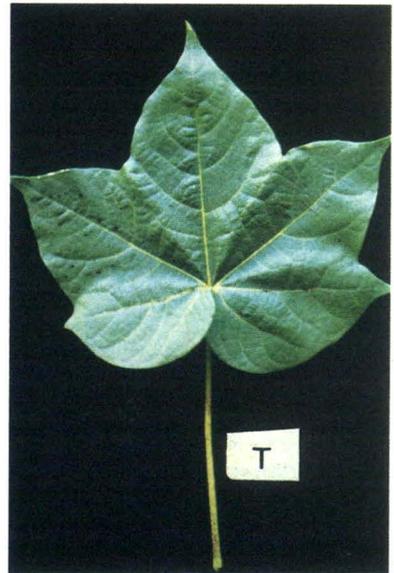
4



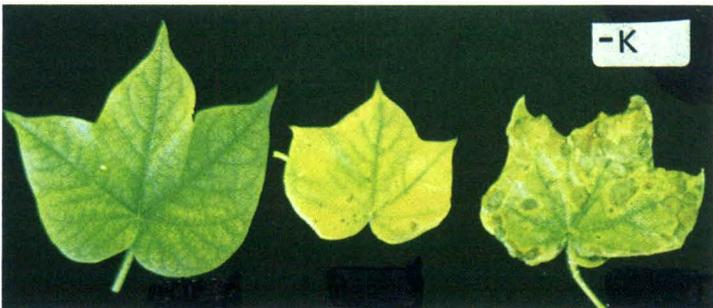
5



6



7



8

PH. 4 à 8. — Différentes manifestations sur la feuille de déficiences minérales par comparaison au témoin (T) (Michel BRAUD).

CHAPITRE IV

PHYSIOLOGIE *

La physiologie du cotonnier répond dans sa généralité à celle que nous connaissons de nombreuses autres dicotylédones, mais elle présente cependant quelques particularités originales. En particulier celles d'une plante vivace au plan physiologique qui doit s'adapter aux conditions d'une culture annuelle. Les variétés cultivées de *G. hirsutum* et *G. barbadense*, ont conservé de leurs ancêtres sauvages la possibilité de refleurir après leur premier cycle de fructification. Dans beaucoup de pays, nouvellement acquis à la culture cotonnière, les rigueurs de l'hiver ne permettent pas le maintien des plantes vivantes d'un cycle végétatif sur le suivant. Mais, même là où cette éventualité serait réalisable, on ne l'utilise pratiquement plus pour des raisons phytosanitaires liées à des considérations de rentabilité agronomique. Seuls font exception les cotonniers *G. hirsutum* var. Marie-Galante du Brésil, dits « moko », et certains cultivars de *G. herbaceum* et *G. arboreum* d'Asie.

Une autre particularité importante des cotonniers réside dans leur floraison indéterminée, c'est-à-dire qu'après avoir atteint leur floraison maximum ils continuent à fleurir durant une période prolongée. On rencontre donc sur la même plante des boutons floraux, des fleurs et des capsules à tous les âges de développement. C'est une caractéristique assez rare, pour une plante en culture annuelle, qui n'est pas sans avoir une influence profonde sur la physiologie des divers stades du développement de la plante et sur ses caractéristiques agronomiques.

* Avec M. COGNÉE, physiologiste à l'I.R.C.T.

LE CYCLE DU COTONNIER

On peut reconnaître dans la physiologie du cotonnier plusieurs stades distincts :

— le stade de la **levée** du semis à l'étalement des cotylédons qui dure de 6 à 10 jours habituellement et jusqu'à 30 jours en conditions défavorables ;

— le stade **végétatif** de la plantule jusqu'à l'ouverture de la première fleur. Ce stade comprend la préfloraison qui, d'un point de vue strictement physiologique, devrait être comprise dans le stade suivant. Toutefois, l'apparition du premier bouton floral passe pratiquement inaperçu à l'agronome, alors que l'ouverture de la première fleur constitue un repère fort utile et correspond à un changement profond des besoins de la plante. Ceci justifie que nous maintenions la préfloraison dans le stade végétatif.

La première fleur apparaît normalement 50 à 65 jours après la levée pour les variétés les plus courantes et si aucun facteur adverse, sécheresse ou parasitisme par exemple, ne vient perturber le développement du cotonnier ;

— le stade **reproductif** qui comprend la durée de la floraison et de la maturation des capsules. La floraison peut avoir une durée de 40 à 70 jours suivant le cultivar et les conditions ambiantes. Le temps fleur-capsule mûre est de 45 à 70 jours. Il peut être plus long dans des conditions défavorables de température. Le stade reproductif dure de 85 à 140 jours.

Le développement du cotonnier du semis à la récolte s'accomplit donc pour les variétés les plus courantes de *G. hirsutum* entre 140 jours, dans les conditions les plus favorables et avec des cultivars précoces, et sept mois.

LA LEVÉE.

La levée est un phénomène complexe que l'on peut découper en plusieurs étapes physiologiques : l'*imbibition* (ou gonflement) des graines, la *germination* proprement dite, celle-ci s'arrêtant au moment où la radicule sort nettement des téguments de la graine, et la *levée*, jusqu'à l'étalement des cotylédons.

L'imbibition est l'absorption d'eau par l'embryon (l'amande) contenu dans la graine. Cette absorption d'eau se réalise à travers les téguments, le plus souvent en commençant par la zone de la chalaze, c'est-à-dire l'extrémité opposée à la partie pointue de

la graine. Dans les conditions normales cette imbibition est complète après 4 à 5 heures de contact avec le substrat humide pour des graines délintées, plus s'il s'agit de graines non délintées car les poils conservés par les graines contiennent des substances hydrophobes. La rapidité d'imbibition dépend alors de l'humidité, de la nature du substrat et de son contact plus ou moins intime avec la graine. Dans certains cas, l'imbibition, même pour des graines délintées, n'est possible qu'au bout de 24 ou même 48 heures de contact avec le substrat. On dit alors que les graines présentent le phénomène de « dureté ».

L'imbibition, en ramenant à une teneur en eau normale les tissus déshydratés contenus dans la graine, permet à tout un complexe enzymatique de remettre en route les processus métaboliques normaux de la vie de la plante. La croissance de l'embryon reprend, il devient *plantule*.

Dans certains cas, malgré une imbibition normale, le processus de la germination ne se met pas spontanément en route et la graine reste en état de vie latente durant un temps plus ou moins long suivant la variété. Dans ce cas on dit que la graine est en état de *dormance*, phénomène qui semble provoqué par la présence d'inhibiteurs s'opposant au déclenchement de la levée. On a rarement l'occasion de se trouver en face de tels phénomènes en culture courante car le simple séchage suivi du stockage des graines entre deux campagnes cotonnières suffit pour que la dormance disparaisse. Par contre, on pourrait le constater dans les cas de recherches nécessitant des semis à contre-saison, c'est-à-dire qui se situent presque immédiatement après la maturation de la capsule.

La croissance de la plantule est surtout manifeste pour la racine qui commence à sortir des téguments ramollis dès 18 à 24 heures après le début de l'imbibition pour des graines non dormantes. Ainsi se termine la phase de germination proprement dite.

Après cette première étape, la racine s'enfonce rapidement dans le sol ; en même temps l'hypocotyle (partie de la tige entre la racine et les cotylédons) s'allonge, tout en formant un crochet qui permet à la plantule de soulever la croûte du sol et de frayer un chemin aux cotylédons, toujours coiffés par les téguments. Dès que l'ensemble est dégagé du sol, le crochet s'ouvre, l'hypocotyle se redresse et relève à la verticale les cotylédons. Ils se déplissent alors et se débarrassent des téguments qui les enserraient encore. La germination des *Gossypium* est épigée.

Pendant toute cette période, la plantule vit de façon autonome grâce aux ressources accumulées dans les cotylédons (à l'exception de l'eau). Une profondeur de 25 cm peut être

atteinte par la radicule à la fin de cette phase de la levée, qui est également marquée par le début d'apparition des racines latérales.

Conditions de la levée.

La germination et la levée sont soumises à un certain nombre de conditions limitantes dont trois sont essentielles : l'eau, la température et l'oxygénation.

L'eau est indispensable, comme nous l'avons signalé plus haut, à la phase d'imbibition. La graine doit accumuler suffisamment d'eau pour pouvoir germer et survivre jusqu'à ce que la radicule soit capable d'assurer l'alimentation hydrique de la plantule. La germination n'est donc possible que si le sol est suffisamment pourvu en eau, et si cette eau est en outre susceptible de migrer jusqu'à l'embryon. Cela impose certaines conditions aux caractéristiques physiques du sol.

La **température** est le second facteur important. En valeur absolue pour une température maintenue constante, la germination proprement dite commence à être possible à des températures comprises entre 11 et 12 °C, comme cela a été observé en 1979 à l'I.R.C.T. à Montpellier (France), mais la levée au champ serait alors impossible. A température constante, la levée ne peut commencer que vers 12 °C pour les *G. barbadense* et 15 °C pour les *G. hirsutum*. Selon certains expérimentateurs, lorsque la plantule est soumise à l'alternance naturelle des températures seules celles égales ou supérieures à 18 °C sont efficaces. Au-delà, la levée va en s'améliorant progressivement. Les températures les plus favorables se situent entre 25 et 35 °C, cet optimum étant d'ailleurs plus élevé au début de la germination (35 °C) que quelques jours plus tard, d'après ARNDT. Pour des températures encore plus hautes, la levée est plus lente, et elle est stoppée vers 40 °C. A cette dernière température, la chaleur commence à avoir des effets néfastes sur la plantule.

L'**oxygène** est le troisième facteur indispensable à la germination des graines de coton. L'effet défavorable bien connu de l'excès d'eau est attribuable à la mauvaise oxygénation qu'il entraîne. La croissance de la radicule est complètement arrêtée si la teneur en oxygène descend à 0,5 %, l'optimum se situant entre 7,5 et 21 %.

Les trois facteurs cités précédemment ne sont pas les seuls à intervenir, surtout si l'on considère la levée et non pas seulement la germination. Ainsi l'excès de compacité du sol a un effet physique défavorable sur la pénétration de la radicule, en plus de l'effet

indirect qu'il entraîne sur l'aération. Le pH du sol trop acide peut également ralentir la levée, de même que la présence de substances toxiques (aluminium).

Le rôle des facteurs limitants.

Dans les pays intertropicaux, lorsque se pose un problème de levée, c'est très rarement de la température qu'il provient. Mais, dans certains cas, c'est le manque d'eau qui se fait sentir ; c'est ce qui peut se produire dans les zones de culture pluviale les plus proches des tropiques, où la longue période de croissance du cotonnier est limitée par l'étroitesse de la saison des pluies, et impose donc des semis dès les premières pluies ; celles-ci peuvent être insuffisantes pour assurer une levée correcte, car les graines peuvent commencer à germer, mais les plantules ne lèvent pas, le sol n'étant pas suffisamment humecté. Il faudra alors recommencer les semis avec le risque de voir se raccourcir encore la période de végétation utile. On doit noter à ce sujet qu'il est possible de semer des graines dans un sol sec à condition que des précautions phytosanitaires soient prises pour éviter leur détérioration.

Dans les zones cotonnières où l'on trouve une saison hivernale longue il est de première importance de réussir une levée précoce. Dans ce cas précis le facteur primordial n'est plus la pluie, comme dans les régions signalées plus haut, mais la température : c'est sur la durée insuffisante de la période chaude que vient buter la longueur du cycle de culture du cotonnier. C'est ce qui se produit par exemple dans les zones méditerranéennes, dans certaines zones nord-américaines et dans celles d'Asie soviétique ; le problème est d'autant plus aigu que c'est la première partie de la période de germination qui est la plus exigeante en température.

Dans les deux types de cas extrêmes la solution consiste essentiellement à utiliser des variétés dont le cycle de végétation ne soit pas trop long.

Cependant des exigences particulières sont à respecter là où le problème des basses températures est important. On commence à sélectionner des variétés spécialement capables d'assurer une bonne levée dans ces conditions. Mais il s'agit là d'un problème délicat à résoudre. On pourrait penser en effet qu'il importe avant tout d'assurer la levée la plus rapide possible. Or, d'après BIRD, en opérant de cette façon, on n'obtient pas le meilleur *stand** final. En effet, la jeune plantule n'est pas la seule à intervenir

* Stand désigne la densité souhaitée de plantes à la récolte.

dans le comportement aux basses températures, il faut également tenir compte du complexe microbien parasitaire (qu'il provienne du sol ou des graines elles-mêmes) et les plantules à croissance rapide peuvent être plus sensibles, par la suite, à ces organismes.

Des pratiques agronomiques peuvent également être utilisées pour améliorer la levée aux basses températures : toutes les façons culturales qui permettent de réchauffer le sol au maximum sont recommandées, l'excès d'eau est absolument à éviter. On a également recherché à agir sur les graines elles-mêmes, en les soumettant à des traitements physiques divers. Parmi ceux expérimentés, le délitage est à peu près le seul qui ait donné des résultats pratiques favorables.

LE STADE VÉGÉTATIF.

Après l'étalement des cotylédons, la plantule atteint un stade où elle est entièrement autonome. Ce stade est marqué par un développement racinaire intense. Le pivot s'enfonce profondément dans le sol, et le réseau de racines latérales s'étend.

En même temps, l'épicotyle (partie de la tige au-dessus des cotylédons) s'allonge, le bourgeon terminal forme des feuilles et des bourgeons latéraux à chaque nœud. La première vraie feuille (non lobée) apparaît environ 6 à 8 jours après la levée, et la deuxième (également non lobée), 3 jours plus tard. Quand la première apparaît, la plante a d'ailleurs déjà formé 6 ou 7 initiales de feuilles supplémentaires.

Le développement du cotonnier se poursuivant on passe progressivement du stade plantule au stade jeune plant. Pour la partie aérienne les modifications sont évidentes : la charpente du cotonnier se constitue ; les premiers nœuds de la tige portent à l'aisselle de chaque feuille des bourgeons qui resteront à l'état latent pour la plupart, seuls deux ou trois d'entre eux s'allongeront et donneront des *branches végétatives*, les nœuds suivants, à partir d'un nœud bien déterminé, donneront naissance aux *branches fructifères*. Le niveau du nœud où se développe la première branche fructifère est une caractéristique très importante. Il dépend essentiellement de la constitution génétique de la plante, mais peut être modifié par les conditions de l'environnement.

A un moment donné, important du point de vue physiologique, on enregistre les premières manifestations de l'initiation florale. Le premier bouton floral est reconnaissable par la présence des trois petites bractées qui l'entourent. Entre l'instant où il apparaît visible à l'œil nu et l'ouverture de la fleur, il s'écoule 20 à 25 jours, mais en fait la différenciation de l'ébauche florale à l'échelle microscopique est plus précoce ; lorsque la seconde

vraie feuille est en train de s'étaler l'initiation florale a déjà pu s'instaurer dans la plantule.

Cette période de la vie de la plante est particulièrement importante pour l'établissement correct du futur champ de coton. Le sol continue à jouer un rôle déterminant. Non seulement il doit présenter des caractéristiques favorables pour les trois facteurs essentiels déjà signalés à propos de la levée, eau, température et aération, mais il doit apporter à la plante tous les éléments minéraux indispensables, qu'il s'agisse d'éléments majeurs ou d'oligo-éléments.

L'alimentation en eau est primordiale, mais nous n'insisterons pas sur ce sujet puisqu'il est traité dans une autre partie de l'ouvrage. Elle doit être assurée par un système racinaire le plus développé possible, surtout en profondeur. C'est là qu'interfèrent les autres facteurs du sol, en particulier l'aération et la compacité. Dans les sols bien drainés la résistance mécanique du sol a un effet plus important sur la croissance des racines que l'aération. En Amérique Centrale, où l'on rencontre parfois des semelles de labour très compactes à quelques 20 cm de profondeur, il est rare que les racines les traversent. Le système racinaire prend une forme spéciale en « patte de poule » et le cotonnier reste chétif. Parmi les éléments minéraux, on a pu constater que deux d'entre eux avaient une influence directe sur le développement des racines : le calcium a un rôle favorable, tandis que l'aluminium, par contre, peut constituer une substance toxique et inhiber le développement des racines latérales lorsque les sols sont trop acides.

Durant le stade végétatif la température optimale serait située suivant divers auteurs entre 27 et 32 °C.

Sur la partie aérienne de la plante l'insolation joue un rôle très important que nous évoquerons à propos de la nutrition carbonée.

LE STADE REPRODUCTIF.

Floraison.

Nous avons fait commencer le stade reproductif avec l'épanouissement de la première fleur. A partir de ce moment la floraison se poursuit selon une loi extrêmement rigoureuse, en progressant vers les extrémités, c'est-à-dire à la fois horizontalement d'un nœud au suivant sur la même branche fructifère, et verticalement d'une position donnée sur la branche à la position identique sur la branche immédiatement supérieure. L'écart de progression dans le sens horizontal est de l'ordre de 5 à 9 jours et l'écart vertical, de 2 à 3,5 jours. Ce rythme varie d'ailleurs avec

le climat : la diminution des pluies, l'augmentation de la température moyenne ou de la luminosité réduisent les écarts ; la latitude joue dans le même sens par augmentation de la durée d'éclairement.

Dans l'exemple mentionné au Tableau I et qui est la moyenne de comptages effectués durant deux années sur six variétés différentes de *G. hirsutum* en Afrique Centrale (Tchad),

TABLEAU I

Succession florale et écarts moyens en jours suivant la position sur les branches fructifères (BF) de *G. hirsutum* au Tchad

BF à partir du bas de la plante	Écart moyen (jour) entre BF successives				Écart moyen (jour) sur chaque BF
	2.9	2.9	2.7	2.2	
X.....	↓ 24	↓	↓	↓	
IX.....	19		↓		←
VIII.....	16	26			7.6
VII.....	13	20	29	↓	7.2
VI.....	9	17	27		7
V.....	7	14	22	30	7
IV.....	5	10	18	28	7.2
III.....	3	8	15	25	7.4
II.....	2	6	12	23	7.7
I.....	1	4	11	21	7.7
	1	2	3	4	
	Position des fleurs sur les BF à partir du tronc principal				

on constate que les écarts moyens, entre deux fleurs successives sur la même branche fructifère ou entre deux positions identiques sur deux branches fructifères immédiatement voisines, restent constants (différences inférieures à un jour). L'expérimentateur ou le vulgarisateur peut donc, par un calcul simple, estimer à quelques jours près la date de semis d'une culture à partir de la date d'épanouissement d'une fleur à une position donnée sur le plant.

Ce mode de développement est également applicable aux

branches fructifères secondaires qui apparaissent sur les branches végétatives nées à la base du cotonnier, chacune de ces dernières se comportant comme une tige principale.

Enfin deux autres catégories de branches fructifères existent : il s'agit des branches axillaires qui peuvent résulter d'un développement d'un bourgeon latéral sur les nœuds des branches fructifères primaires, et de branches supplémentaires qui apparaissent directement sur les nœuds de la tige principale, en plus des branches fructifères normales.

La structure reproductrice de la plante est sous la dépendance de la variété et des conditions de culture. Ce sont donc des facteurs sur lesquels doivent compter les agriculteurs pour la réussite de leur récolte.

L'action des facteurs modificateurs de la floraison est facilement observable par l'utilisation de courbes représentant l'évolution du phénomène en fonction du temps ; il s'agit d'abord de la courbe de floraison journalière, où l'on voit que le nombre de fleurs apparues va d'abord en progressant lentement, puis plus rapidement, passe par un maximum pour finalement décroître et s'annuler, et de la courbe de floraison cumulée, en forme de S (sigmoïde). La fin de la période de floraison survient entre 45 et 70 jours après l'apparition de la première fleur (50 à 60 en moyenne en climat tropical humide) ; elle est marquée par un avortement systématique des très jeunes boutons floraux, accompagné d'un arrêt de la croissance des branches.

Les divers facteurs modificateurs de la floraison peuvent agir soit sur la date du début de floraison, soit sur sa durée, soit sur son intensité. Comme toujours ces facteurs sont, d'une part les caractéristiques génétiques de la plante, d'autre part les facteurs de l'environnement : lumière, température, eau dans le sol, structure du sol, nutrition minérale, intervention des ravageurs et des parasites.

La date du début de floraison et la durée de celle-ci dépendent de facteurs génétiques (influence de l'espèce et de la variété), mais l'environnement module fortement cette action.

La température est le facteur climatique le plus important en cette matière. Dans des conditions moyennes de culture, on peut prédire assez exactement la date du début de floraison en un endroit donné en utilisant l'*indice de somme de température*, exprimé en degrés-jours ou en degrés-heures, que l'on calcule par cumulation des valeurs des températures reçues par la plante au cours du temps. Pour établir cette somme, on ne prend pas les valeurs brutes des températures, mais leur différence avec un seuil, habituellement 13 °C. La floraison est d'autant plus précoce que l'indice ainsi calculé est élevé. Cependant dans les cas les plus

extrêmes la relation peut ne pas être aussi exacte, car la température a alors des effets assez complexes. C'est ainsi que MAUNÉY a pu constater que les températures élevées subies pendant la nuit ont des effets défavorables sur l'induction de la floraison : elles relèvent en particulier la hauteur de la première branche fructifère.

Un autre facteur de l'environnement important à considérer dans le déroulement de la floraison est le facteur eau. L'intervention d'une période de sécheresse un peu prolongée raccourcit la durée du cycle de floraison.

Il faut noter pour finir que la nutrition minérale intervient également dans la durée de la période de floraison : une déficience en azote réduit cette durée.

L'intensité de floraison dépend déjà bien entendu de sa durée, du fait de la progression régulière de l'initiation florale le long des branches fructifères, mais les facteurs du milieu interviennent sur elle d'une autre façon, qui est d'ailleurs le plus souvent prépondérante par le biais d'une action sur la chute des boutons floraux déjà formés. L'insolation trop faible, le manque d'eau, ou au contraire son excès dans le sol, une nutrition minérale inadéquate, sont des facteurs très importants pour le déclenchement de l'avortement et de la chute précoce des boutons floraux. Le parasitisme, par un effet global sur la plante, peut agir exactement de la même façon, mais en outre les dégâts directs des ravageurs peuvent faire tomber les boutons à un stade tardif, quelques jours avant l'ouverture normale de la fleur.

Anthèse et fécondation.

La fleur du cotonnier s'ouvre normalement le matin, peu après le lever du soleil, puis vers 9 ou 10 heures les anthères s'ouvrent à leur tour, libérant les grains de pollen. Les stigmates sont déjà réceptifs à ce stade. Le plus souvent la fleur est fécondée par son propre pollen (autogamie), mais l'intervention des insectes butineurs permet l'arrivée sur le stigmate d'une certaine proportion de pollen étranger variable entre 0 et plus de 50 % (allogamie partielle).

Le pollen germe immédiatement sur les papilles du stigmate (fig. 16), les tubes polliniques descendent dans le style. La croissance des tubes polliniques est extrêmement rapide chez le cotonnier : dans la nuit qui suit le jour de l'anthèse (libération du pollen), ils atteignent déjà le bas du style ; par la suite, ils entrent dans le sommet de l'ovaire, puis pénètrent dans les loges de ce dernier ; ils se déplacent le long de l'axe de l'ovaire, où on peut d'ailleurs assez facilement les observer à la loupe binoculaire (COGNEE),

puis s'introduisent dans les ovules (normalement un seul tube par ovule, très rarement plusieurs). Ils y assurent la fécondation par fusion avec les noyaux femelles contenus dans le sac embryonnaire de chaque ovule. Cette fécondation est double : l'un des deux produits est le zygote, qui donnera le futur embryon de la graine, l'autre donnera l'albumen (ou endosperme). L'ensemble du processus, depuis la germination des grains de pollen jusqu'à la fusion, ne prend que 20 à 30 heures.

Le lendemain de l'anthèse, en conditions favorables, la corolle rougit, puis elle finit par tomber ; il reste alors l'ovaire, maintenant devenu jeune fruit, entouré d'une petite coupelle formée par le calice qui persiste très longtemps et protégé par les trois bractées.

Comme toujours, les facteurs du milieu interviennent pendant cette phase : une température suffisamment élevée et une bonne insolation sont favorables à une anthèse et à une fécondation rapides et normales. On constate également que la pluie, lorsqu'elle survient pendant la matinée de l'anthèse, gêne considérablement la germination du pollen et entraîne bien souvent une chute de l'ovaire mal fécondé.

Maturation des capsules.

Immédiatement après la fécondation la capsule grossit rapidement, à moins que n'intervienne le phénomène de la chute dont nous reparlerons plus loin, et vers 21 à 25 jours, elle atteint à peu près sa taille définitive. Pendant ce temps, les ovules devenus graines, et qui mesuraient au départ 1 mm environ, grossissent considérablement. Les poils situés à la surface de leur épiderme s'allongent dès le jour de l'anthèse pour constituer la fibre de coton ; le début de leur croissance ne dépend d'ailleurs pas de la fécondation. La longueur définitive de ces fibres est atteinte vers le 21^e-24^e jour après l'anthèse (voir troisième partie, chap. 1).

La croissance de l'embryon est beaucoup plus lente au départ : le zygote issu de la fécondation ne commence pas à se diviser avant 3 à 4 jours après cette dernière, tandis qu'au contraire les noyaux de l'albumen entrent en division immédiatement après ; ce sont eux qui nourrissent l'embryon pendant le début de sa vie. Cependant au bout de 30 jours environ les cotylédons de l'embryon emplissent complètement l'ancien sac embryonnaire et font disparaître presque entièrement l'albumen.

La fin de la maturation du fruit et des graines est marquée essentiellement par des modifications physico-chimiques et physiologiques, plus que morphologiques (mis à part le durcissement et la coloration des téguments tout à fait à la fin). Entre 21 et

30 jours, la teneur en sucres réducteurs diminue très nettement tandis que le contenu en huile augmente d'abord lentement du 15 au 25^e jour, puis rapidement ensuite. La teneur en protéines qui était élevée à la floraison baisse ensuite très nettement pour remonter très régulièrement à partir du 15^e jour (RAINEY, 1948). Les glandes à gossypol apparaissent également vers le 15^e jour. La teneur en eau, d'abord très élevée pendant les 4 premières semaines (85 % environ), diminue très progressivement ensuite, jusque vers 50 % au moment de l'ouverture des capsules.

Les facteurs de l'environnement interviennent de deux façons sur la capsulaison. Ils peuvent tout d'abord dans certains cas amorcer la chute des jeunes capsules, comme nous le verrons plus loin (eau, nutrition minérale, parasites, insolation). Dans d'autres cas, leur action est moins brutale. Ils agissent alors sur la durée de capsulaison, sur le poids des capsules et sur la maturation des graines et des fibres. Au début de la période de maturation l'eau et la nutrition minérale jouent un rôle primordial parmi les facteurs favorables. A la fin les besoins pour ces deux facteurs sont réduits, mais l'importance de l'insolation s'accroît.

La température a un effet complexe : les valeurs absolues et les écarts entre jour et nuit jouent à la fois. Cependant GIPSON & JOHAM ont noté que pour des températures de nuit de 14 à 28 °C l'indice de fructification (poids sec des capsules/poids sec végétation aérienne) varie assez peu, avec cependant un maximum vers 14 à 19 °C. Des températures nocturnes au-dessus de 19 °C et en dessous de 13 °C réduisent beaucoup cet indice, surtout en dessous de 13 °C. La durée de capsulaison est en relation inverse avec la température de jour, et surtout avec celle de la nuit. La température a aussi une influence sur la fibre produite par la capsule, l'optimum se situant au-dessus de 20° et en dessous de 38 °C. La chute de la température de nuit ralentit le taux et la quantité de cellulose synthétisée. Lorsque la température moyenne est plus élevée la fibre est en général plus courte, la graine plus légère, et la teneur en huile plus faible, pour une même alimentation hydrique de la plante.

Déhiscence de la capsule.

Lorsque la période de maturation est terminée les capsules s'ouvrent progressivement au niveau d'une ligne médiane entre les parois intercarpellaires (fig. 19), tandis que les graines et les fibres finissent de sécher. Finalement, le coton-graine floconne au milieu des valves ouvertes et durcies.

On peut distinguer deux grands groupes de variétés selon

l'angle d'ouverture des valves. Si celles-ci restent relativement fermées, la masse de coton-graine est assez fermement retenue sur le pied, et on dit que la variété est « stormproof ». De telles variétés conviennent là où l'on utilise les récolteuses mécaniques de type « stripper ». Pour d'autres variétés les valves s'ouvrent

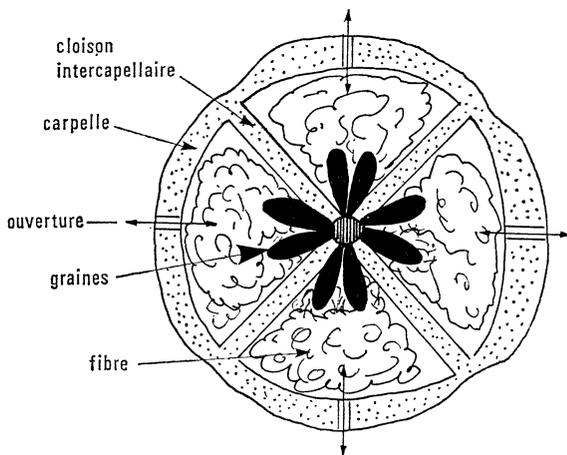


FIG. 19. — Coupe transversale d'une capsule avec son ouverture figurée.

largement à la récolte (à 180° ou plus), elles sont adaptées à la récolte à la main ou à la machine de type « picker ». Dans ce cas le coton-graine tombe facilement s'il n'est pas récolté à temps.

SECOND CYCLE DE FLORAISON ET FRUCTIFICATION.

Lorsque les dernières capsules finissent leur maturation, et si bien entendu les conditions climatiques sont restées favorables, la croissance des branches fructifères existantes reprend, de nouvelles branches se développent à partir de bourgeons restés dormants, et de nouveaux boutons floraux se forment sur la plante. Un deuxième cycle de floraison commence alors, donnant naissance à une seconde période de fructification et de maturation. Une deuxième récolte peut alors être obtenue dans ces conditions. Mais on évite le plus possible de profiter de ce phénomène pour les cotonniers cultivés habituellement afin de ne pas faciliter la transmission des parasites ou d'insectes ravageurs d'une année sur l'autre.

LES PHASES DE DÉVELOPPEMENT

D'après ce qui vient d'être exposé et des travaux récents de J. Mc. D. STEWART on peut résumer comme suit, par rapport à l'anthèse, les divers événements liés à la reproduction :

<i>âge</i>	<i>événements survenus</i>
— 40	Stimulus floral.
— 32	Établissement du nombre de carpelles et d'anthères. Squares gros comme une tête d'épingle.
— 23	Établissement du nombre d'ovules.
— 22	Méiose des cellules-mères des grains de pollen.
— 14	Méiose des cellules-mères des mégaspores.
— 7	Début de l'expansion exponentielle de la corolle.
— 2	Début de la différenciation de la fibre.
0	Ouverture de la fleur ; libération du pollen et sa germination ; initiation de la fibre ; accumulation de K dans la fibre.
+ 1	Fécondation de l'œuf et des noyaux polaires ; division du noyau primaire de l'endosperme : le zygote se contracte.
+ 2	Développement de l'endosperme liquide ; les fibres commencent à s'allonger ; la plus grande part de matière sèche va dans les fibres.
+ 3 à + 4	Division du zygote.
+ 5 à + 6	Arrêt de la division du tégument de l'ovule. Initiation des fibres du duvet. L'embryon se divise mais n'augmente pas en taille. L'ovule grossit rapidement. La matière sèche des parties internes augmente.
+ 12 à + 13	L'endosperme devient cellulaire autour de l'embryon. Les cellules palissadiques s'allongent. La différenciation de l'embryon commence.
+ 14 à + 16	Le dépôt secondaire dans les fibres, le tégument externe et la couche palissadique s'accroissent. L'embryon s'allonge et accumule Ca et Mg. Les fibres commencent une lente accumulation de Ca, le tégument externe prend rapidement du poids.
+ 20	L'endosperme est complètement cellulaire et atteint son poids maximum. L'allongement de la fibre ralentit rapidement. P est déplacé depuis la fibre. L'embryon commence à accumuler des protéines. Le poids se répartit également entre fibres et embryon.
+ 25	L'allongement de la fibre est terminé ; le poids de l'enveloppe est maximum. Les cotylédons ont achevé leur croissance. L'embryon atteint sa longueur maximum. L'endosperme régresse. L'huile commence à s'accumuler.
+ 30 à + 32	L'embryon entre dans la période de gain important de poids. L'endosperme est presque épuisé. Les dépôts de cellulose dans la fibre et d'huile et de protéine dans l'embryon sont au maximum. Accumulation rapide de P et de K dans l'embryon. Les fibres commencent à perdre du K.
+ 42	Le poids sec de la capsule approche son maximum. L'huile continue à s'accumuler un peu. Les fibres perdent du Mg. Le dépôt de cellulose s'arrête.
+ 45 à + 50	Changements internes dans les hormones et les enzymes de la graine. L'enveloppe de la graine se durcit. Les sutures de la capsule s'entr'ouvrent en réponse à l'éthylène.

ABSCISSION OU CHUTE DES ORGANES FRUCTIFÈRES

La chute des organes fructifères, qu'il s'agisse de boutons floraux (ou squares*) ou de capsules, joue un rôle suffisamment important et particulier chez le cotonnier pour qu'on lui consacre un développement spécial. Cela est dû à la seconde particularité notée au début, c'est-à-dire au caractère « indéterminé » de la floraison chez cette plante.

LA CHUTE DES BOUTONS FLORAUX.

La chute des boutons floraux, ou abscission (ou encore shedding) préflorale, peut survenir pendant une bonne partie de la vie de ceux-ci avec cependant une prédisposition particulière pour deux périodes : le début de l'apparition des boutons floraux d'une part, et sa fin à proximité de la floraison d'autre part.

Dans le premier cas, on parle souvent d'avortement ; les boutons n'ont alors que quelques millimètres. Comme nous l'avons déjà noté, l'avortement dépend souvent des conditions de l'environnement : chaque fois qu'un cotonnier souffre, quelle qu'en soit la cause, il tend à laisser avorter ses boutons ; cet avortement peut être dû à une carence hydrique, à une mauvaise nutrition, à une insolation insuffisante, à une attaque parasitaire. Mais il en existe un deuxième type : c'est l'avortement de nature physiologique, imposé par la plante elle-même, indépendamment de toute contrainte. Au fur et à mesure que l'on progresse dans le cycle de floraison ce type d'avortement augmente pour finir par être total ; la floraison est alors complètement arrêtée. Son intensité dépend de la charge du cotonnier en capsules en cours de maturation. On peut lui donner le nom plus rigoureux d'abscission par phénomène de corrélation. Lorsque toutes les capsules sont mûres cet avortement revient de lui-même à des valeurs très faibles, et c'est ce qui permet à un deuxième cycle de fructification de pouvoir prendre place.

L'abscission des boutons âgés est le plus souvent le résultat d'une attaque directe du bouton : piquûre d'insecte, pénétration par une chenille.

* Terminologie anglaise.

LA CHUTE DES CAPSULES.

La chute des capsules ou abscission post-florale présente à la fois des ressemblances et des différences, dans ses modalités, avec la chute des boutons.

Au point de vue localisation temporelle elle ne survient pas n'importe quand, mais seulement à une période bien déterminée de la vie du fruit, au début de sa croissance. En outre, elle est pratiquement nulle pendant le jour de la floraison et les deux jours suivants. Elle passe par un maximum vers le 6^e jour après l'anthèse, puis diminue régulièrement après cette date. Après le 12^e jour les probabilités pour qu'une capsule tombe deviennent très réduites, ou bien si cela arrive, c'est la conséquence d'un événement survenu plus tôt et généralement de dégâts causés par les insectes. Les capsules en fin de maturation ne tombent pratiquement jamais lorsqu'elles sont saines.

Dans certains cas il n'y a pas de chute, mais la jeune capsule se dessèche et reste sur pied, on dit qu'il y a momification.

Envisageons maintenant les causes de l'abscission des jeunes capsules : ce sont pratiquement les mêmes que celles notées pour les boutons floraux, mais un élément supplémentaire intervient, c'est la fécondation, ou non-fécondation, de l'ovaire :

— **Abscission par fécondation insuffisante** : un ovaire qui ne reçoit aucun tube pollinique tombe pratiquement toujours mais la chute peut également se produire si un nombre insuffisant d'ovules sont fécondés dans une jeune capsule ; nous avons vu que cela pouvait résulter d'une pluie au moment de l'anthèse. Il n'existe pas de seuil strict à partir duquel le phénomène se déclenche, mais on peut dire que les fruits présentant plus de 10 ovules non fécondés ont une très forte probabilité de tomber. Par contre, il est fréquent que des capsules contenant quelques graines avortées par non-fécondation se maintiennent sur pied. Ces graines constituent la plus grande part de ce qu'on appelle des « motes » dans les usines d'égrenage.

— **Abscission par contrainte** : les conditions de cette abscission sont les mêmes que pour les boutons : alimentation en eau insuffisante, attaques directes d'insectes piqueurs ou de chenilles sont les facteurs les plus importants, auxquels on peut ajouter une mauvaise insolation ou une nutrition minérale inadéquate.

— **Abscission physiologique par phénomène de corrélation** : au fur et à mesure que le temps passe, les jeunes capsules formées tendent à tomber de plus en plus intensément, une fois éliminés les deux groupes de facteurs précédents. Dans les dernières semaines

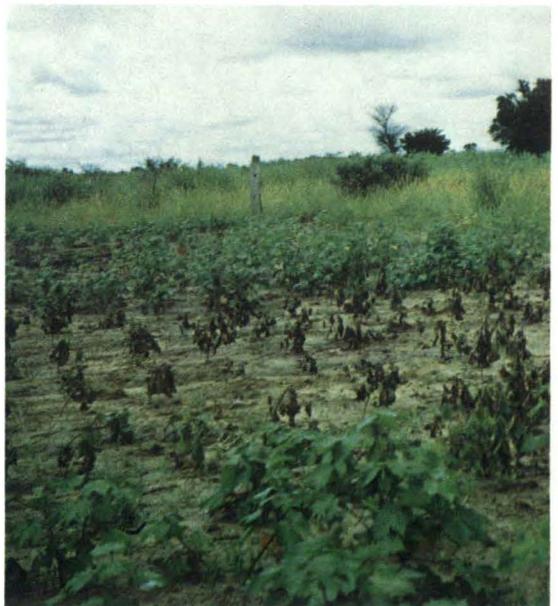


PH. 9. — Déficience en magnésium apparente sur la feuille (R. DELATTRE).



PH. 10. — Déficience en bore caractérisée par les anneaux sur le pétiole.

PH. 11. — Plage de cotonniers atteints de pourridié (I.R.C.T.).





PH. 13. — Manifestation sur organes floraux de la virescence du cotonnier (R. DELATTRE).

PH. 12. — Au premier plan, cotonniers atteints de maladie bleue (J. CAUQUIL).



PH. 14. — *Ramularia* sur une feuille de cotonnier (J. CAUQUIL).

PH. 15. — *Alabama argillacea* (R. DELATTRE).



du cycle de fructification, les « taux de shedding » atteignent 100 %, puis c'est l'abscission physiologique des boutons floraux qui intervient, et plus aucune nouvelle fleur ne se forme. Il s'agit bien d'un phénomène de *corrélation* : si on enlève artificiellement toutes les capsules en maturation sur un cotonnier les derniers boutons floraux apparus se maintiennent jusqu'à la floraison et les nouvelles fleurs formées restent presque toutes sur pied.

INTENSITÉ ET IMPORTANCE PRATIQUE DE LA CHUTE DES ORGANES.

L'abscission joue un rôle régulateur important chez le cotonnier, plante à floraison indéterminée. Nous avons vu que des facteurs accidentels, mauvaise fécondation, intervention de contrainte hydrique, parasitaire ou autre, pouvaient faire augmenter considérablement l'abscission des boutons et des capsules à un moment donné : par un effet de compensation la plante réagit ensuite dans les jours ou les semaines qui suivent en diminuant l'abscission physiologique par *corrélation* : la floraison s'intensifie et se prolonge, les chutes de capsules diminuent par rapport au niveau qui aurait été atteint en l'absence du phénomène perturbateur, tout ceci bien entendu dans certaines limites qui seront plus vite atteintes chez les variétés précoces, les plus déterminées. Les variétés africaines à cycle long de *Gossypium hirsutum*, et plus encore de *G. barbadense*, sont particulièrement adaptées à un tel comportement, qui est par contre très défavorable à l'utilisation des récolteuses mécaniques. Celles-ci demandent en effet une récolte groupée pour un seul passage sur le champ alors que l'abscission favorise l'étalement de la période de fructification.

Ce phénomène d'abscission-compensation peut avoir des effets spectaculaires difficiles à maîtriser dans le cas de sols riches. Une végétation exubérante des cotonniers forme entre la partie supérieure et la fructification inférieure de la plante un écran foliaire dense qui s'oppose au passage des insecticides et de la lumière. Si l'on y observe en outre une très forte humidité on constate que l'abscission post-florale ou de la jeune capsule est quasi totale. Cette chute d'organes fructifères est compensée par la formation de fleurs qui se développent sur d'anciennes ou de nouvelles branches fructifères. Cette augmentation du volume végétatif renforce donc les phénomènes décrits précédemment par lesquels la fleur ou la jeune capsule tombe, et l'agronome se trouve ainsi pris dans un cycle qui le conduit à retarder ses récoltes, à augmenter ses frais culturaux (insecticides), et donc à diminuer la rentabilité de sa culture. La maîtrise de ce phénomène qui se rencontre en Amérique Centrale où il n'est pas rare d'observer

des cotonniers de 2,5 à 3 m, ne peut être résolue que par des techniques culturales appropriées et par la sélection de plantes à faible développement végétatif (photo 20).

Compte tenu de l'intervention de ces phénomènes de compensation, un taux assez constant de fleurs — de l'ordre de 65 à 70 % voire 80 % dans certains cas — ne donneront pas de fruits quels que soient les aléas de la campagne cotonnière.

CARACTÈRES PHYSIOLOGIQUES DES GRAINES

Après avoir étudié les diverses phases de la vie du cotonnier envisageons maintenant les caractéristiques physiologiques des graines, ces dernières étant considérées en tant qu'éléments nécessaires au développement d'une nouvelle génération de plantes. Nous étudierons donc essentiellement l'aptitude des graines à la germination et les moyens de la contrôler.

L'APTITUDE A LA GERMINATION CHEZ LES GRAINES DE COTON.

La viabilité des graines et leur aptitude à la germination sont sous la dépendance d'un certain nombre de facteurs, dont certains proviennent de l'environnement subi, et d'autres dépendent des graines elles-mêmes.

Facteurs de l'environnement agissant sur la plante-mère.

Une partie des facteurs qui vont influencer sur la germination ultérieure des graines provient d'événements qui vont intervenir entre la floraison et la maturation des fruits sur la plante-mère.

Il est fréquent de trouver des graines incomplètement développées. Nous avons déjà vu que les capsules contenaient souvent quelques ovules non fécondés, donnant des graines avortées appelées « motes » et portant cependant quelques fibres de coton très courtes. Il est évident que ces graines sans embryon ne peuvent germer.

Dans d'autres cas les graines bien que fécondées avortent à des stades plus tardifs, l'embryon arrêtant sa croissance avant le terme normal : ou bien ces graines ne germent pas, ou bien elles donnent des plantules à germination anormale. Cette situation peut résulter de conditions climatiques défavorables pendant la croissance et la maturation des fruits (sécheresse trop prolongée, température excessive, froid, etc.).

Un autre élément important de la viabilité des graines est

l'action d'agents pathogènes (bactériose, fusariose, verticillose, agents de pourriture des capsules) ou de déprédateurs (toutes les chenilles et insectes dévorant ou piquant les capsules et les graines) : la faculté germinative des graines peut être fortement diminuée par leur intervention.

Facteurs agissant au moment de la récolte et de la conservation des graines.

Le moment qui sépare la déhiscence capsulaire de la récolte est une période très importante : le taux d'humidité doit normalement descendre d'une valeur voisine de 50 % au début de l'ouverture des capsules jusqu'à 12 à 14 % quelques jours après. Il faut que la récolte reste exposée le moins possible à la pluie qui compromettrait le séchage naturel pendant cette période cruciale. Dans le cas contraire, le coton-graine doit être séché le plus rapidement possible pour éviter une perte de pouvoir germinatif par détérioration des graines.

De nombreux essais ont montré les effets défavorables de la conservation des graines dans une atmosphère saturée d'humidité. Il suffit d'une dizaine de jours à 30 °C pour que des graines maintenues dans ces conditions et possédant une teneur en eau de 20 % par exemple perdent la moitié de leur pouvoir germinatif. L'effet est encore plus grave si la température est plus élevée. Il est indispensable d'abaisser la teneur en eau à 11 %, ou moins de préférence, pour que les graines puissent être conservées sans problèmes. On peut reconnaître la détérioration des graines à l'élévation de la teneur en acides gras libres qui résulte de la dégradation des lipides contenus dans la graine.

La température létale des graines dépend aussi de leur état de sécheresse : à 55 °C en atmosphère humide saturée elles sont rapidement tuées, tandis qu'elles peuvent supporter 100 °C un court instant si elles sont desséchées très progressivement auparavant.

Les traitements que doivent subir les graines après la récolte peuvent aussi les abîmer (égrenage ou délitage mécanique mal réglé, passage dans les conduits transporteurs).

Facteurs intrinsèques.

Des facteurs intrinsèques peuvent intervenir tels les caractéristiques génétiques des graines d'une part et leur âge d'autre part. En fait, ces deux facteurs n'agissent pas indépendamment des facteurs de l'environnement, mais modulent l'action de ces derniers.

Ainsi, des essais ont montré que certaines **variétés** africaines

résistaient beaucoup moins bien que d'autres à la détérioration à la chaleur humide saturée (CAUQUIL, 1969), ce qui pourrait expliquer au moins en partie leur mauvais comportement au champ. Notons que dans certains cas, des graines peuvent voir leur germinabilité augmenter si on les traite deux ou trois jours à la chaleur humide (HR = 100 %) à 40-50 °C. Nous avons aussi signalé que certaines graines pouvaient présenter un phénomène de dureté temporaire par suite de la difficulté d'imbibition qu'elles présentent. Ce phénomène peut constituer un inconvénient, mais on a cherché à l'accroître par sélection : cela permettrait aux graines de résister plus facilement à des conditions défavorables momentanées lors des semis (alimentation en eau insuffisante, par exemple).

L'aptitude à la germination à basse température est également un caractère génétique dont les sélectionneurs commencent à se préoccuper sérieusement.

L'âge de la graine est le deuxième facteur intrinsèque dont il faut tenir compte. La graine de coton, comme toutes les graines à forte teneur en huile, se conserve relativement mal. Mais la longévité des graines, elle aussi, est un caractère qui dépend essentiellement des conditions ambiantes pendant la récolte et la conservation : il y a interaction entre les deux groupes de facteurs.

Dans les résultats dus à Simpson et exposés ci-après nous constatons qu'à 8 % d'humidité les graines se conservent assez longtemps et que l'espèce *G. barbadense* est de meilleure conservation à taux égal d'humidité.

Temps de stockage	Humidité des graines		
	11 %	8 %	6 %
	Faculté germinative %		
<i>G. hirsutum</i>			
30 jours.....	79	74	80
60 jours.....	59	62	71
1 an.....	47	79	72
2 ans.....	12	62	71
3 ans.....	4	66	62
4 ans.....	0	50	63
8 ans.....	—	46	44
<i>G. barbadense</i>			
60 jours.....	90	94	89
1 an.....	93	91	97
1 an 1/2.....	61	97	91
3 ans.....	0	89	91
7 ans.....		90	81

L'âge des graines intervient aussi différemment : celles provenant de capsules qui viennent de s'ouvrir présentent un phénomène de dormance partielle (ou plus exactement d'inhibition partielle) : leur pouvoir germinatif reste très bas si elles ne sont pas séchées et stockées pendant plusieurs semaines. Cette dormance temporaire est supprimée si on enlève les téguments : les graines peuvent alors germer immédiatement.

LE CONTRÔLE DE L'APTITUDE À LA GERMINATION ET DE LA VIGUEUR DES GRAINES.

Il est particulièrement important de disposer pour le semis, de graines en parfait état morphologique et physiologique. Un taux élevé de germination garantit presque toujours une occupation maximum du terrain, mais il faut également tenir compte de la vigueur des plantules produites, c'est-à-dire de leur aptitude à se comporter de manière satisfaisante en présence de conditions difficiles au moment de la levée.

Il est facile de contrôler le pouvoir germinatif des graines grâce à des tests de germination effectués dans les meilleures conditions possibles : germination sur papier-buvard dans un incubateur à une humidité presque saturante ou sur sable humide et à température adéquate : 27° ou 30° en permanence, ou encore alternance de 16 heures à 20° et de 8 heures à 30 °C.

Mais les résultats de ces tests sont souvent très éloignés du comportement au champ. On ne trouvera jamais un test absolu de vigueur, puisque cette dernière dépend des conditions plus ou moins draconiennes auxquelles sont soumises les graines et les plantules. On a cependant ces dernières années cherché à se rapprocher de cet idéal inaccessible. Pour cela, différentes techniques ont été utilisées :

- germination à température assez basse : 20 °C ;
- calcul d'un indice tenant compte à la fois de la germination à 20° et de la germination en conditions optimales (16 heures à 20° et 8 heures à 30 °C) ;
- germination après une certaine durée de détérioration à la chaleur humide ;
- germination sous conditions de perturbation hydrique.

On a cherché aussi à mettre en œuvre des méthodes plus rapides que les tests de germination pour l'évaluation de la viabilité des graines. Ainsi, on a utilisé la mesure de la conductibilité de l'eau laissée un moment au contact des graines : cette conductibilité augmente si les graines sont mauvaises, car elles lâchent alors des ions qui rendent le liquide plus conducteur. Un taux élevé d'acides

gras libres est l'indication d'une dégradation sérieuse des graines. On utilise aussi le triage des graines par densité. Les graines plus lourdes que l'eau sont généralement bonnes, mais les graines plus légères ne sont pas toujours mauvaises.

Bien d'autres méthodes ont été employées pour tester la qualité des graines, mais elles nécessitent un appareillage complexe ou sont d'interprétation délicate : mesures de respiration, d'activité enzymatique, test de coloration au tétrazolium, etc. Nous ne les citons que pour mémoire.

Signalons pour terminer un point important : la qualité des graines au moment des semis sera considérablement accrue par l'utilisation de traitements par des fongicides ou des mélanges fongicides + insecticides.

LA NUTRITION CARBONÉE

Comme chez toutes les plantes vertes, la nutrition carbonée du cotonnier est assurée par la photosynthèse ; cette dernière synthétise à partir du gaz carbonique de l'air les glucides (sucres et amidon) nécessaires à la vie de la plante. Cette synthèse nécessite de l'eau et une source d'énergie constituée par les radiations lumineuses reçues par les feuilles, la chlorophylle servant d'intermédiaire. Les glucides produits par la photosynthèse sont ensuite utilisés pour l'accumulation de matière sèche nécessaire à la croissance (formation du squelette carboné de toutes les molécules organiques de la plante), et comme matière première de la respiration qui fournit l'énergie nécessaire à tout le fonctionnement cellulaire.

L'EFFICACITÉ DE LA PHOTOSYNTÈSE.

La lumière est la source unique d'énergie pour le processus : son rôle est donc déterminant. Le cotonnier est une plante héliophile : une réduction même légère de la lumière reçue a un effet défavorable sur sa croissance et son développement. Pour certains auteurs l'activité optimale serait atteinte avec 40 000 lux, mais on admet généralement que ce maximum n'est obtenu que vers 100 000 lux (pleine lumière de midi) ; en fait, la valeur optimale dépendrait elle-même de l'intensité de l'éclairement dans une certaine mesure : pour des feuilles moins éclairées, la saturation serait atteinte plus rapidement.

Les feuilles sont le second élément intervenant dans le processus, en tant que support de la chlorophylle. La fixation de gaz

carbonique par les feuilles est de l'ordre de 30 à 50 mg par dm² et par heure. Cette efficacité est relativement élevée si on compare le cotonnier à l'ensemble des plantes cultivées.

La fixation de gaz carbonique pour l'ensemble de la plante dépend de la lumière interceptée par les feuilles, c'est-à-dire de l'importance du couvert foliaire. Pour le mesurer, on utilise la notion d'indice de surface foliaire qui est le rapport entre la surface foliaire totale et la surface occupée au sol. Cet indice peut varier de 1 jusqu'à 3 et même 5 dans certains cas (culture irriguée). D'après HEARN, en Ouganda, on a longtemps observé un indice voisin de 1, et dans ces conditions seulement 60 % au mieux de la lumière sont interceptés ; avec l'amélioration de la culture l'indice est passé entre 2 et 3, ce qui permet de capter entre 85 et 90 % des radiations lumineuses incidentes. Dans cette interception, l'orientation des feuilles joue un rôle important ; or, chez le cotonnier, celles-ci ont une disposition presque horizontale, ce qui confère une plus grande efficacité à un même couvert foliaire.

L'ouverture des stomates situés sur les feuilles est un facteur dont le retentissement est important pour l'efficacité de la photosynthèse, car c'est elle qui règle les échanges gazeux nécessaires : absorption de CO₂ et dégagements d'oxygène. L'activité photosynthétique n'est maximale que si les stomates sont complètement ouverts. Chez le cotonnier, l'ouverture complète des stomates correspondrait à une surface égale à 2,5 % de la surface foliaire totale. Elle est beaucoup plus faible que celle que l'on trouve chez le tournesol par exemple (6 % de la surface foliaire).

Le degré d'ouverture des stomates dépend en premier lieu de l'état hydrique de la plante ; pour avoir une fixation maximum de carbone il importe donc que les besoins de l'évapotranspiration soient satisfaits. Cependant dans le cas du cotonnier on aurait constaté que même des pieds flétris continueraient à photosynthétiser car leurs stomates seraient encore ouverts. L'intensité lumineuse reçue modifie également l'ouverture des stomates.

La température est le dernier facteur modificateur que nous citerons. Elle n'agirait pas directement sur l'efficacité du processus photosynthétique, mais seulement indirectement : d'abord en intervenant sur l'ouverture des stomates, qui se ferment à basse température, ensuite en modifiant le taux de transport et d'utilisation des glucides produits, et enfin en agissant sur la respiration. Il n'est donc pas étonnant que l'effet de la température soit finalement très complexe.

TRANSPORT ET UTILISATION DES GLUCIDES FORMÉS.

Des études utilisant du gaz carbonique radioactif ont permis d'observer le devenir des produits de la photosynthèse.

On a constaté que peu de temps après l'absorption du gaz carbonique du carbone radioactif est fixé dans la feuille (ou la bractée) et des sucres solubles sont formés. 75 % de ces sucres migrent rapidement (en moins de 2 heures) hors de la feuille, mais 40 à 50 %, ou même plus, du carbone assimilé à l'origine se retrouve sous forme d'amidon. Il est ainsi stocké temporairement dans la feuille pendant 6 heures environ, puis ce carbone est progressivement libéré pendant la nuit. Finalement, après 24 heures, il ne reste plus que 10 % du carbone originel dans la feuille. Les produits de la photosynthèse sont incorporés dans la fibre essentiellement pendant sa phase de croissance linéaire (dans les 21 premiers jours environ).

Des expériences analogues ont permis de voir vers quelles régions de la plante s'effectuait la migration des sucres formés. ASHLEY (1972) constate qu'une très forte proportion (90 %) des composés synthétisés reste dans la branche fructifère où ils se sont formés. Une capsule est alimentée essentiellement à partir de la feuille portée par le même nœud, mais aussi à partir de ses bractées, des feuilles voisines, et de la feuille située à l'aisselle de la branche fructifère sur la tige principale (ASHLEY, BROWN, 1973). En l'absence de la feuille correspondante, les feuilles situées plus loin peuvent partiellement la remplacer. Globalement, les feuilles de la tige principale exportent davantage de produits carbonés que les feuilles des branches fructifères. Bien entendu la racine est également alimentée en carbone à partir des produits de la photosynthèse des feuilles, surtout de celles du bas de la plante.

AMÉLIORATION DE LA FIXATION DU CARBONE CHEZ LE COTONNIER.

La nutrition carbonée est aussi importante pour la plante que la nutrition minérale. Malheureusement le cultivateur n'a pratiquement pas le moyen d'agir directement sur elle, comme il peut le faire à l'aide de la fertilisation dans le cas de la nutrition minérale. L'amélioration de la fixation photosynthétique du carbone ne peut être envisagée que par des voies indirectes.

Il faut d'une part disposer de la surface foliaire utile la plus importante possible, et d'autre part chercher à augmenter le taux d'assimilation net, c'est-à-dire l'accroissement de poids sec par unité de surface foliaire et par unité de temps. Chez le cotonnier ce dernier est de l'ordre de 120 à 150 mg par dm² et par jour,

ce qui correspond à une efficacité moyenne voisine de celle du sorgho et du blé, mais plus faible que celle du tournesol.

L'amélioration des pratiques culturales est l'un des moyens d'arriver à ce résultat, à la fois par l'augmentation de la surface foliaire photosynthétiquement active et par l'ouverture correcte des stomates grâce à une alimentation hydrique optimale.

A côté de cette première voie d'ordre agronomique on peut aussi penser à utiliser la voie génétique pour améliorer l'assimilation du carbone chez le cotonnier. Par la sélection on cherchera à accroître le rendement net du processus photosynthétique dans la feuille, à faciliter le transport des produits de la photosynthèse des feuilles vers les capsules, et à permettre, grâce à une modification de la structure de la plante, une meilleure pénétration des radiations solaires vers la partie centrale où est située la majorité des capsules. GUINN *et al.* (1976) ont vérifié expérimentalement qu'en augmentant la fixation du carbone chez le cotonnier on arrivait effectivement à accroître le rendement. En doublant artificiellement le taux de gaz carbonique dans l'air la photosynthèse a été accrue d'une valeur de 31 à 65 % et le poids des capsules de 65 %, alors que les plantes étaient déjà placées dans les meilleures conditions agronomiques possibles.

L'ALIMENTATION EN EAU

L'eau joue un rôle primordial dans la physiologie du cotonnier comme dans celle de toutes les autres plantes. Les branches et les racines en contiennent environ 50 %, les jeunes feuilles ou les extrémités de rameaux non lignifiés jusqu'à 95 %. C'est donc l'élément quantitativement dominant dans la plante. Cette eau est un élément constitutif des tissus, mais elle joue aussi un rôle important dans le déroulement normal des réactions du métabolisme, de la respiration et de la photosynthèse ; elle sert d'agent vecteur dans les vaisseaux de la plante pour les éléments minéraux, les composés azotés et les sucres notamment ; enfin elle intervient dans le mécanisme très important de la transpiration.

Cette dernière fonction a non seulement pour effet d'amorcer une succion des racines vers les feuilles, permettant ainsi le mouvement de la sève brute dans les vaisseaux du bois, mais également de provoquer le refroidissement de la plante lorsqu'elle est soumise à une radiation intense, afin que les échanges et les transformations se fassent dans des conditions acceptables. Certains auteurs américains ont précisé que la température de la feuille pouvait augmenter de 5 °C lorsque la transpiration

était réduite, et qu'une feuille turgescente pouvait avoir une température inférieure de 5,5 °C à celle d'une feuille âgée. Une régulation de la transpiration est ainsi indispensable : elle est réalisée par le fonctionnement des stomates (fig. 20) situés à la face inférieure des feuilles, les cellules de garde de ces stomates ouvrant ou fermant plus ou moins l'ostiole faisant communiquer la chambre sous-stomatique, lieu de la transpiration, avec l'air extérieur. Cette régulation permet d'adapter la transpiration aux

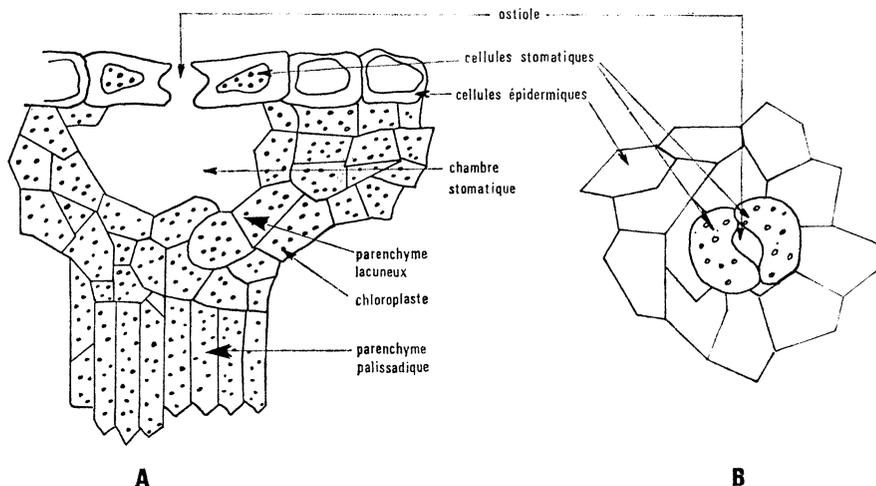


FIG. 20. — Stomate : A, coupe foliaire (profil). B, vue supérieure externe.

changements survenant dans les divers facteurs de l'environnement du cotonnier, en particulier le niveau de radiation reçu, le déficit de saturation atmosphérique (dépendant lui-même de l'humidité et de la température de l'air), et la disponibilité de l'eau au niveau des racines.

La régulation de la transpiration étant essentiellement liée au jeu des stomates, elle retentit directement sur les échanges gazeux au niveau foliaire, donc sur la photosynthèse. Une optimisation de l'alimentation carbonée, par conséquent de la croissance, passe donc au préalable par une optimisation de l'alimentation hydrique de la plante.

Tout ce que nous venons de dire sur l'importance de l'eau dans la physiologie de la plante se traduit finalement par la manifestation de besoins à satisfaire pour la réussite de la culture cotonnière. Ces besoins sont variables au cours du temps, d'une part en fonction du stade de développement de la plante, d'autre

part en fonction des facteurs de l'environnement que nous avons évoqués. Nous verrons dans le chapitre traitant de l'irrigation comment cette eau doit être distribuée tout au long de la culture. Le tableau suivant nous donne les limites entre lesquelles évoluent les besoins.

	ÂGE APRÈS SEMIS (jours)	CONSOMMATION PAR JOUR (mm)		
		Algérie	Mali	Texas
De la levée au premier bouton...	10 à 45	1 à 2,5	1 à 2,5	1 à 2,5
Bouton à fleur.....	40 à 75	2,5 à 6	2,5 à 7	2,5 à 6,3
Maximum de floraison.....	75 à 120	6 à 7,2	5,7 à 6	6,3 à 10
Fructification.....	après 120	5,4	4,7	4,5

Ces besoins concernent la transpiration au sens strict et l'évaporation par le sol de la culture, c'est-à-dire ce que l'on nomme l'évapotranspiration.

Les besoins réels sont sous la dépendance étroite des relations qui s'établissent entre le cotonnier et son environnement. Tout facteur susceptible de perturber ou d'améliorer ces relations aura une influence directe sur le développement du cotonnier, sur le déroulement de la floraison, et sur l'abscission des organes fructifères, donc directement sur la production cotonnière. L'agronome doit connaître cette influence directe et agir en conséquence pour améliorer ces rapports.

CHAPITRE V

LA CULTURE

La réussite de la culture cotonnière est sous la dépendance de facteurs écologiques, techniques et économiques.

L'agriculteur n'a que de faibles moyens d'action sur le climat qui déterminera les zones pour lesquelles la culture est économiquement réalisable à une période donnée. Tout au plus pourra-t-il étendre cette zone de production, par exemple, en utilisant l'irrigation pour pallier les manques d'eau ou la brièveté de la saison pluvieuse.

Par contre de nombreux moyens sont à sa disposition pour agir sur le sol, et la plus ou moins bonne adaptation aux conditions du milieu par les pratiques culturales déterminera la production et la qualité du coton récolté.

En fait, production et qualité sont indissociablement liées à la notion de rentabilité culturale, laquelle dépend des conditions économiques d'un pays, voire d'une région, à un moment donné.

Or nous savons, par l'expérience de cette dernière décennie en particulier, que ces conditions évoluent rapidement. Si d'une manière générale la marche de l'agriculture vers la mécanisation de ses moyens de production est d'observation constante, cette mécanisation en elle-même ne résoud pas tous les problèmes qui se posent en tous lieux. Appliquée sans discernement le risque serait grand de non seulement diminuer considérablement la rentabilité de l'exploitation par un endettement inconsidéré de l'agriculture, mais en outre de se heurter à des problèmes sociaux dans le cas où une main-d'œuvre agricole resterait inoccupée, à cause de cette mécanisation, sans avoir le recours d'un autre moyen d'existence.

Toutes les pratiques agricoles utilisées pour la production cotonnière ainsi que les objectifs à atteindre peuvent donc être différents d'un lieu à un autre.

Ces raisons nous ont conduit à étudier d'une part, dans ce chapitre, les travaux généralement exécutés pour la réussite de la production cotonnière, et d'autre part, dans la cinquième partie de ce livre, les pratiques culturales réellement utilisées et adaptées à chaque pays compte tenu de leur situation agroéconomique en 1980.

ROTATION CULTURALE

La rotation culturale est l'alternance de différentes végétations sur une même sole. Elle est actuellement synonyme d'assolements alors que jusqu'au XVIII^e siècle ce dernier terme avait un sens beaucoup plus restreint et précis puisqu'il définissait l'organisation obligatoire des rotations sur tout un territoire, divisé en différentes soles suivant le type d'assolement imposé (biennale, triennale, etc.).

La rotation culturale donc sera prise ici comme la succession des cultures sur une même sole, le cotonnier étant l'une de ces végétations.

Les avantages de la rotation sont connus depuis très longtemps et si, à l'origine, ils représentaient avant tout un moyen de régénérer la terre pour maintenir sa fertilité, on peut actuellement avec l'extension des cultures cotonnières et son intensification y adjoindre :

- l'augmentation de la fertilité ;
- la lutte contre les plantes adventices ;
- la défense naturelle contre les ravageurs et les maladies ;
- la diversification des cultures.

Précisons tout d'abord que la rotation culturale n'est pas pratiquée partout, non par impossibilité car elle existe aussi, mais par choix délibéré de l'agriculture, même dans les pays où celle-ci est très évoluée. C'est le cas de grandes régions des U.S.A. où l'on a constaté que la culture continue du cotonnier durant plusieurs années n'amenait pas une baisse de rendement. Cette observation a été également faite dans de nombreux pays africains où cependant certaines précautions sont à prendre. En particulier l'incorporation au sol de tous les débris végétaux permet de n'exporter du champ que les éléments nutritifs contenus dans la récolte.

Nous avons également observé des régions entières d'Amérique Centrale où la culture cotonnière est pratiquée depuis plus de vingt-cinq ans sans que la production accuse une baisse de rendement dans les conditions où elle est pratiquée (cf. El-Salvador, chap. XXI).

La rotation culturale peut cependant apporter de nombreux avantages d'enrichissement du sol lorsqu'elle inclut par exemple des légumineuses (luzerne, trèfle d'Alexandrie, soja, niébé*, etc.) utilisées comme engrais vert ou comme production fourragère. Il en résulte toujours une élévation du taux d'azote dans le sol. D'autre part en zone tropicale, généralement caractérisée par des températures élevées en saison sèche et de violentes précipitations avec vent en tornade en période hivernale, les sols doivent être recouverts par un tapis végétal afin d'éviter l'érosion. Le cotonnier seul ne remplit pas convenablement ce rôle car entre deux cycles végétatifs, le sol reste nu durant plusieurs mois (en hémisphère nord de février à juin en général) et durant le début de la végétation, sa protection est très peu efficace.

Le cotonnier dans une rotation peut participer efficacement à la lutte contre les plantes adventices. A partir du moment où il recouvre totalement le sol par sa végétation la plupart des mauvaises herbes disparaissent, seules survivent certaines plantes à rhizomes ou de nature volubile.

La lutte naturelle contre les ravageurs et maladies du cotonnier, par l'usage d'une succession judicieuse de cultures, est efficace et sans contrainte économique. En rompant le cycle des processus de propagation des déprédateurs, qui se transmettent d'une année sur l'autre à une même culture, on assainit considérablement l'ensemble de la rotation. Ceci est confirmé par de nombreux exemples dans le monde où le cotonnier n'a pu être maintenu que grâce à des protections sanitaires très élaborées.

La culture cotonnière dans la majorité des pays ne se conçoit donc qu'incluse dans un type de rotation, et, de ce fait, laisse la place aux plantes vivrières souvent indispensables pour nourrir des populations en croissance constante. Mais c'est bien souvent l'aspect économique de l'ensemble de l'assolement qui décide de la solution à adopter. Les prix des produits agricoles récoltés, les moyens mis en œuvre pour les obtenir doivent permettre l'étude d'un bilan et la réalisation d'un calendrier cultural correspondant à la rotation retenue. L'agronome devra enfin tenir grand compte des débouchés réels, qu'ils soient locaux ou internationaux, de chaque production de sa succession culturale et, pour ce qui concerne les plantes vivrières, éviter d'imposer de nombreux produits dont l'appétence par les populations locales n'aura pas été éprouvée auparavant. L'histoire de l'agriculture est parsemée d'échecs dus à l'inobservance de ces précautions.

Il faut donc s'attendre à rencontrer, selon les régions cotonnières, un grand nombre de types de rotations culturales justifiées

* *Vigna sinensis*.

par les conditions écologiques et agroéconomiques locales. Ces conditions déterminantes évoluant elles-mêmes au cours des ans on ne devra donc jamais considérer une rotation comme immuable, mais au contraire comme une pratique qui reflète l'évolution locale de l'agriculture.

Nous ne rentrerons pas dans le détail des divers types d'assolement pratiqués dans le monde puisqu'ils sont étudiés dans la cinquième partie de ce livre.

PRÉPARATION DU SOL

Par une action judicieuse choisie en fonction des constituants et de l'état physique du sol, l'agriculteur modifie le profil cultural qui acquiert ainsi les qualités nécessaires à un bon développement du cotonnier. On recherchera en particulier à obtenir un profil constitué de granules complexes de bonne porosité et se comportant les unes par rapport aux autres comme un sable non tassé.

Il est impossible de donner une règle générale à suivre pour la préparation du sol tant sont nombreux et imbriqués les facteurs entrant en jeu. Ainsi, la préparation ne sera pas la même s'il s'agit d'une culture sèche ou irriguée, d'un climat tropical ou tempéré. En climat tropical, le cotonnier croît durant la période d'hivernage c'est-à-dire pluvieuse, en climat tempéré ou subtropical durant la période chaude qui correspond aux moindres précipitations.

D'une manière générale, la préparation du sol représente un moyen de lutter contre les mauvaises herbes afin que la jeune plantule ne se trouve pas envahie dès son jeune âge par une flore adventice aussi dense que préjudiciable au développement. Elle joue généralement un rôle important dans l'élimination des parasites animaux, soit en les enfouissant soit en les exposant aux intempéries. Elle a enfin un rôle aérateur, en oxygénant le sol et en stimulant sa microbiologie.

Le but final de la préparation du sol est de constituer un profil cultural suffisamment profond pour que les racines du cotonnier puissent croître dans les meilleures conditions possibles compte tenu du lieu de production.

Trois types de travaux sont donc effectués pour que la terre puisse être considérée prête à recevoir la culture du coton :

- avant le labour,
- le labour proprement dit,
- la préparation aux semis.

AVANT LE LABOUR.

En milieu paysan non mécanisé, on élimine généralement les débris végétaux par ramassage et brûlage. Dans les cultures évoluées utilisant des moyens mécaniques tractés ou portés, deux cas peuvent se présenter suivant le climat (photo 38).

En *milieu tempéré* : les récoltes sont généralement terminées avant la saison froide, peu de temps avant le labour. Si le sol doit rester nu durant la saison hivernale, on a intérêt à détruire et tronçonner tous les débris végétaux pour favoriser leur décomposition puis à les incorporer au sol. Cette façon préparatoire détruira de très nombreux ravageurs encore présents et vivant dans ces restes de culture et enrichira le sol des composants de ces débris. On l'exécute généralement avec des girobroyeurs dont de nombreux modèles sont disponibles, mais qui sont tous composés par une partie tournant à très grande vitesse (lames, chaînes) et broyant toutes les parties aériennes sur une largeur proportionnée à la force du tracteur (photos 39 et 40).

Dans les pays où le coton succède au coton obligation est très souvent faite aux agriculteurs, par des textes législatifs, d'éliminer et d'enfouir l'ancienne culture pour des raisons phytosanitaires évidentes. Si, au contraire, le précédent cultural se termine peu de temps avant la mise en place du cotonnier, aucune façon culturale ne sera possible, sauf s'il s'agit d'engrais vert, auquel cas leur enfouissement précèdera le labour.

En *milieu tropical* : on procède souvent à la destruction et à l'incorporation au sol des débris végétaux de la culture antérieure, coton, maïs, sorgho, etc.

La racine du cotonnier va chercher dans le sol ses éléments nutritifs à une certaine profondeur et non en surface comme le maïs par exemple. Il arrive très souvent que des labours superficiels et des passages d'engins motorisés fréquents provoquent un tel tassement du sol au-delà de la partie annuellement labourée que celui-ci oppose une barrière infranchissable aux racines. Dans ce cas il est nécessaire de pratiquer un labour profond ou un sous-solage. L'expérience a prouvé que 45 cm de profondeur représentent un sous-solage très suffisant pour le cotonnier. Il peut être également nécessaire pour rompre une couche argileuse provoquant des affleurements d'eau. Toutefois, on doit noter que la pratique du sous-solage doit toujours être précédée d'une étude des sols afin d'en déterminer les effets probables et les modalités techniques d'application. Il peut se révéler, par exemple, très préjudiciable de ramener au niveau des racines certains sous-sols très pauvres et dépourvus d'humus, ou de favoriser la perte

en couche profonde des éléments fertilisants en rompant une couche d'argile reposant sur un sous-sol très sableux.

LE LABOUR.

Le labour est généralement exécuté avant la culture dès que la pluviométrie a donné au sol sa meilleure consistance pour un travail efficace.

Il consiste à travailler le sol de telle sorte que le profil de culture — celui atteint par les racines — n'offre aucun obstacle à la plante et à sa nutrition durant toute son évolution. On conçoit donc que les couches très superficielles qui intéressent la semence et la plantule nécessitent quelques soins complémentaires que nous étudierons plus loin.

Le labour proprement dit est exécuté soit avec des moyens très simples en culture manuelle, soit par des engins mécaniques.

Le labour manuel, qui tend de plus en plus à disparaître, n'est en fait qu'un simple houage de quelques centimètres.

Le labour mécanique s'exécute avec des charrues à socs et à versoirs ou des charrues à disques.

Chaque type de charrue, outre qu'il a ses partisans, s'adapte aux conditions agricoles du lieu et plus particulièrement à la nature des terres. On conseillera plus particulièrement les charrues à disques dans les sols parsemés d'obstacles, que ce soit des pierres, des racines ou des souches, car les risques de casse sont moins à craindre qu'avec une charrue à soc. On utilise par contre cette dernière plus particulièrement dans les régions où la culture mécanisée est d'utilisation ancienne.

On peut distinguer deux modes de labour suivant le climat. En **climat tempéré** : la préparation du sol peut avoir lieu en automne. Le labour dans ce cas laisse à l'hiver — pluies et gelées — le soin de déliter les mottes de terre et de détruire les plantes adventices et les ravageurs. Les labours d'automne dans les sols salins permettent le lessivage des terres par les pluies et l'entraînement des chlorures dans la nappe phréatique. Un labour léger au printemps permettra de parfaire la préparation de la culture. Les sols ainsi travaillés sont moins gorgés d'eau par suite d'un ressuyage plus rapide des terres qui favorise leur échauffement.

En **climat tropical** : le labour s'effectue quelques semaines avant le semis, c'est-à-dire dès les premières pluies qui le rendent possible.

LA PRÉPARATION AU SEMIS.

Le semis demande un sol très homogène, sans méats ni mottes importants dont la présence risquerait soit de perturber la germi-

nation et le développement des radicules, soit d'enfouir la graine à une profondeur ne permettant pas à la plantule de faire surface.

Les sols creux et motteux doivent donc être proscrits pour le semis, aussi effectue-t-on des façons culturales complémentaires au labour.

La plus courante est le pulvérisage par des pulvérisateurs à disques à un ou plusieurs corps qui a pour effet la constitution d'un sol pulvérulent sur les quelques centimètres superficiels du sol. Ce travail est souvent complété par un hersage.

On dispose également pour le travail superficiel après labour de divers appareils à dents dont l'utilité est commandée par les circonstances locales.

On peut aussi avoir à surfaçer le sol avant le semis, opération consistant à aplanir les petites irrégularités du terrain. Ce travail s'effectue en général entre le labour et le pulvérisage avec soit une lame de bulldozer, soit plus simplement un gros madrier tiré transversalement derrière un tracteur. Il ne faut pas confondre ce surfaçage avec le planage-nivellement que l'on effectue dans les terres irriguables avec des moyens très importants avant le labour. Le surfaçage facilite le semis et les façons culturales d'entretien, et évite les pertes occasionnées par les stagnations d'eau dans les champs.

Le billonnage est une façon culturale consistant à créer des levées de terre de 10 à 15 cm équidistantes, sur lesquelles sera ensuite disposée la semence. Il facilite l'échauffement et l'assainissement superficiel du sol et il crée un volume important de terre très meuble que la plantule peut immédiatement utiliser. En sols irréguliers le billonnage évite dans une certaine mesure la disparition des cotonniers : on dispose la semence légèrement au-dessus du niveau temporairement inondé. En sols salins le billon constitue un profil où les chlorures sont en moins grande concentration. On rencontre très souvent dans ces types de sols des cotonniers dont le système racinaire principal se localise dans le billon, le pivot restant très court (photo 21).

Le billonnage est effectué à l'aide d'une billonneuse constituée par un bâti métallique portant des versoirs à double orientation et tiré par un tracteur. On peut aussi les former à la houe, mais c'est un travail long et très pénible. Les agriculteurs manquant de moyens mécaniques préfèrent constituer des buttes.

Les billons servent dans les cultures irriguées par gravitation à diriger l'écoulement de l'eau sur le champ. Pour lutter contre l'érosion ils sont disposés parallèlement aux courbes de niveau (photo 26).

SEMIS

Cette opération consiste à déposer dans le sol des graines qui, en germant, donneront les cotonniers porteurs de la récolte.

C'est donc une opération primordiale qui obéit à un certain nombre de critères :

- la date de semis ;
- le nombre de plantes par unité de surface (densité) ;
- le mode de semis et la profondeur d'enfouissement ;
- la quantité de graines à utiliser.

DATE DE SEMIS.

Celle-ci est naturellement déterminée par deux facteurs : la température et l'humidité (cf. chap. 4).

La grande majorité de la production mondiale se situe en hémisphère nord, dont une part importante en climat tempéré chaud. La date de semis est donc liée aux températures printanières. Toutes les techniques culturales qui favoriseront le réchauffement plus rapide du sol (orientation au sud, drainage pour ressuyage du sol, labours) permettront des semis plus précoces laissant à la plante un temps d'évolution plus important, donc une durée de fructification plus longue.

On peut situer les dates de semis des pays tempérés de l'hémisphère nord dans le laps de temps compris entre le 15 février et le mois de mai, des pays tropicaux en juin et juillet.

En hémisphère sud, les cultures cotonnières sont toutes situées en zone tropicale ou subtropicale et les semis s'exécutent entre les mois d'octobre et de janvier.

La cinquième partie de ce livre mentionne un grand nombre de dates de semis caractéristiques chacune d'une région.

Dans tous les pays où la température joue un rôle limitant pour le développement du cotonnier, que ce soit en début ou en fin de végétation, la précocité du semis est un facteur primordial de réussite. Le trempage dans l'eau des graines avant le semis durant 48 heures environ peut être une technique hâtant la germination de plusieurs jours.

En conclusion, les semis précoces facilitent non seulement l'accroissement de la production, mais favorisent également le rendement à l'égrenage et le poids capsulaire, agissant ainsi sur la rentabilité culturale. La démonstration expérimentale en a été faite dans de nombreux pays tempérés et tropicaux. Il faut

cependant se rappeler que le déclenchement de la germination est un phénomène irréversible qui se poursuit quelles que soient les conditions atmosphériques ultérieures. Le choix de la date de semis doit donc être fait en dehors des risques de retour du froid ou de la sécheresse si l'on veut s'affranchir des resemis tardifs et coûteux.

DENSITÉ CULTURALE.

On appelle densité culturale le nombre de plants de cotonniers que l'on décide de conserver par unité de surface. Le terme de « stand » désigne, lui, le nombre de cotonniers présents réellement sur le terrain au moment de la récolte. L'idéal est donc d'avoir un « stand » qui corresponde à la densité ; au cours du développement il y a toujours des facteurs défavorables (accidents, maladies, ravageurs, eau) qui font diminuer la densité. Cette distinction a son importance dans la littérature consultée.

La densité est fonction de l'écartement entre les lignes de cotonniers et de l'espacement entre plantes sur ces lignes.

Les écartements sont généralement les premières composantes de la production à être étudiées. Les interactions densité-milieu étant très nombreuses, les écartements doivent évoluer pour s'adapter aux techniques culturales ou variétés nouvelles.

On observe que dans le monde, pour un milieu donné, les variations de rendement sont impossibles à estimer lorsque les densités varient de $\pm 15\%$ autour de la plus favorable.

Théoriquement l'équidistance en tous sens des plantes devrait donner les meilleurs résultats productifs, mais cela est irréalisable en raison des techniques de culture appliquées au cotonnier. On a donc réservé un espace assez large entre les lignes de cotonniers pour que la main-d'œuvre et les moyens mécaniques tractés ou motorisés puissent y circuler ; cet espace est mondialement compris entre 0,8 et 1 m.

L'espace interplant sur la ligne est donc calculé en fonction de la densité que l'on désire obtenir. Il est généralement compris entre 0,1 m et 0,5 m suivant la richesse des sols. La tendance générale est de conserver un certain équilibre entre le développement végétatif et la densité : forte densité pour les plantes de croissance réduite et faible densité pour grands cotonniers. Il y a, *a priori*, un critère que les agronomes peuvent facilement utiliser pour rectifier la densité : lorsque les cotonniers sont en pleine floraison les branches de deux lignes voisines doivent laisser apparaître un faible passage, voire se toucher. Si le passage est important les lignes sont trop espacées, donc la densité trop faible, et si les branches s'entrecroisent il est nécessaire de diminuer

la densité Les densités les plus usitées sont comprises entre 35 000 plants à l'hectare pour les terres les plus riches, voire moins pour les cotonniers hybrides de grand développement dont on utilise l'heterosis (Inde), à 100 000 pour un grand nombre de pays.

MODE DE SEMIS (photos 22, 23 et 24).

Le semis, opération importante, s'exécute soit à la main, soit mécaniquement. Dans le cas du **semis à la main** le travailleur creuse dans le sol un poquet, sorte de trou de trois à cinq centimètres de profondeur, dans lequel il dispose les semences. Il recouvre ensuite celles-ci de terre pulvérulente non tassée.

En agriculture actuelle le semis s'effectue presque toujours en ligne, sinon il n'y a aucune possibilité de mécanisation ultérieure. Les poquets sont disposés régulièrement sur cette ligne en s'aidant d'un étalon distance (tige bois, main).

Dans le cas de **semis mécanique** on utilise généralement un semoir tracté, ou celui-ci combiné avec un épandeur d'engrais lors d'emploi de tracteur. Le semoir doit être réglé de telle sorte que les graines soient enterrées à 5 cm au plus sans risque de réapparaître en surface. Le nombre de lignes semées en même temps est fonction de la force de traction dont on dispose : une à deux pour la traction animale et jusqu'à 6 avec tracteur. Le semis mécanique peut être exécuté de deux manières suivant le matériel : soit en poquets, généralement réservé aux sols lourds ou aux conditions difficiles de levées, soit en lignes. Dans ce dernier cas, l'écartement interplant sur la ligne sera fixé lors du démariage.

Quel que soit le mode de semis ce dernier peut s'effectuer à plat, c'est-à-dire à même le sol préparé, ou sur billon. Dans ce dernier cas on dispose les lignes de cotonniers soit au sommet du billon, soit sur le côté. La première solution demande un sol bien plané et de bonne capillarité afin que la germination s'effectue dans des conditions régulières pour l'ensemble du champ. La seconde permet, en sols lourds et irrigués et de nivellement imparfait, de faire coïncider la ligne des poquets avec le niveau de submersion ; les graines profitent de l'humidité du sol sans excès et sans colmatage de la terre qui les recouvre. Dans des sols particulièrement argileux nous avons observé des agriculteurs qui recouvraient les graines avec une poignée de sable pour favoriser la régularité de la levée ; ceci doit être considéré comme une technique exceptionnelle réservée à de rares cas en raison du coût de l'opération.

SEMENCES UTILISÉES.

Le nombre de graines par poquet ne peut être fixé *a priori* car il dépend de la qualité des semences utilisées et des conditions du sol. On peut le situer raisonnablement entre cinq et dix graines dans des cas extrêmes.

Ceci correspond à environ 25 kg de semence à l'hectare pour une faculté germinative de 80 %. Les graines sont généralement délintées pour faciliter la désinfection des semences et la régularité du semis en semoir mécanique. On a remarqué que le duvet, lorsqu'il est abondant, freine l'écoulement des graines dans la goulotte de distribution du semoir (obstructions fréquentes).

En semis manuel, l'agriculteur a tendance à augmenter le nombre de graines au poquet afin de s'assurer contre une mauvaise germination. Les inconvénients de cette pratique sont nombreux :

- le démariage est plus long, donc plus onéreux ;
- l'enchevêtrement des racines est tel dans le poquet que les pieds restant après démariage ont une reprise difficile ;
- les risques de « fonte de semis » sont plus élevés ;
- les plantules en majorité chétives sont sans ressource contre leurs ennemis et les difficultés de culture ;
- le coût des semences à l'hectare est élevé.

ENTRETIENS CULTURAUX

Ils sont très variés dans le monde mais certaines pratiques sont générales à toutes les cultures : le remplacement des plantes manquantes, les démariages et binages ainsi que les desherbages.

Le cotonnier est très sensible, en particulier à son jeune âge, aux conditions favorables de développement. Les entretiens culturaux exécutés dans de bonnes conditions seront un gage de bon rendement (photo 23).

REPLACEMENT DES MANQUANTS.

Cette opération consiste à ressemer les parties du champ où les plantules sont absentes quelle qu'en soit la cause. Elle doit s'effectuer dès que possible pour réduire les différences d'âge des cotonniers. En pays tropical on devrait pouvoir remplacer les plantules manquantes une dizaine de jours après les premières germinations ; la date sera un peu plus tardive en zone tempérée, le développement végétatif étant moins rapide.

DÉMARIAGE.

Il consiste à ne conserver en culture que le nombre de plantes nécessaires à une bonne production. En semis en poquet on arrache systématiquement toutes les plantes indésirables pour n'en conserver qu'une ou deux. On garde de préférence les plantes les plus vigoureuses et les mieux développées. En semis en lignes on ne conserve à intervalles réguliers que les plantes nécessaires à la densité recherchée. Dans les deux cas cette opération s'exécute manuellement. Il est conseillé de la réaliser environ trente à quarante jours après le semis. On profite très souvent de cette opération pour désherber les cotonniers, butter les plantes conservées et, en culture intensive, apporter les fertilisants complémentaires.

BINAGE, SARCLAGE, DESHERBAGE.

Leur rôle est d'ameublir le sol et d'éliminer les mauvaises herbes. Sans tenir pour négligeable le fait d'aérer superficiellement le sol, l'élimination des plantes adventices reste l'opération la plus importante en regard de l'incidence qu'elle peut avoir sur la production. De nombreuses expériences réalisées en sols et climats variés permettent d'estimer que la perte de récolte peut atteindre jusqu'à 80 % lorsque le désherbage est fait dans de mauvaises conditions. Les plantes adventices, bien adaptées aux lieux de culture, ont un développement plus important que le cotonnier en début de végétation. Le système foliaire forme un écran qui réduit considérablement le rayonnement au niveau du cotonnier et nuit à la photosynthèse. La plante s'étiole, croît rapidement en hauteur pour surmonter ce handicap, mais au détriment d'une bonne lignification de sa tige ; la formation des organes fructifères en souffre ainsi que la récolte subséquente. Quant au système racinaire de ces plantes adventices, il entre en compétition avec celui du cotonnier, en utilisant les matières nutritives du sol et en consommant une quantité élevée de l'eau disponible. Si ces méfaits de la flore adventice sont faciles à déterminer par leur action directe, il en existe d'autres plus difficiles à individualiser :

— l'émission ou la libération de substances organiques par divers végétaux peut se révéler toxiques. Ces effets d'allopathie, si on sait qu'ils existent entre différentes plantes ou parties de plantes vivantes ou non, sont encore assez mal connus pour le cotonnier ;

— les plantes adventices peuvent être des hôtes d'agents pathogènes et ravageurs du cotonnier ; l'appartenance à la famille

des malvacées de certaines mauvaises herbes du cotonnier favorise cette action.

Le sarclage est une opération culturale d'entretien d'une importance primordiale. De nombreuses expériences ont prouvé que les phénomènes de nuisance de la flore adventice commencent très tôt dans la culture cotonnière. Il est donc nécessaire d'envisager les premiers binages-sarclages conjointement avec le démariage. Le nombre de sarclages ultérieurs sera par contre lié au potentiel productif, à l'état d'enherbement de la culture et aux moyens dont on dispose. On doit conserver la culture propre jusqu'au moment où le cotonnier deviendra véritablement dominant de toute la flore adventice. L'expérience prouve que, mis à part certaines plantes volubiles ou à rhizomes, il n'y a plus de risques ultérieurs sur la récolte de la part de cette flore.

Le désherbage se fait généralement à la binette ou à la houe entre les lignes et sur les billons, et à la main sur la ligne du cotonnier. L'écartement interplant de 20 à 30 cm quand il est possible facilite le désherbage.

Le désherbage mécanique s'accompagne très souvent d'un travail superficiel du sol destiné à modifier ses propriétés physiques et son activité biochimique. Il est réalisé avec les bineuses ou sarcleuses ; il n'y a pas dans ce domaine un matériel spécifique au cotonnier (photo 25). Il doit extirper, couper, arracher les plantes adventices sans nuire à la culture ; on rencontre des outils à socs, à dents, à rasettes, rotatifs, disposés sur un bâti tracté. On signale même en Amérique du Nord le sarclage au lance-flammes.

LES DESHERBANTS CHIMIQUES

Le désherbage est au centre des préoccupations des agriculteurs en raison de très nombreux facteurs dont :

- l'incidence des adventices sur la production ;
- l'importance et le coût de la main-d'œuvre pour les détruire ;
- la rareté de cette main-d'œuvre dans certaines régions.

Les progrès récents sur les herbicides de synthèse permettent maintenant de lutter efficacement et à des coûts raisonnables contre les mauvaises herbes du cotonnier. L'extension de leur utilisation en Afrique francophone a coïncidé avec la mise au point des herbicides à utilisation à bas volume, étant donné l'allègement considérable des contraintes que cette technique apportait aux traitements.

Les herbicides ont une action physiologique sélective ou générale, que les plantes soient à protéger ou à détruire. Dans ce dernier cas on doit les localiser de telle sorte que seules les plantes adventices soient atteintes et éliminées et déterminer les doses d'emploi qui ne soient pas toxiques à la plante protégée (photo 29).

L'utilisation des herbicides doit donc s'entourer de nombreuses précautions et être entre les mains d'agriculteurs avertis. Les possibilités de rémanence et de cumulation de phytotoxicité que peuvent faire courir ces produits dans certains sols sont réelles ; tous les désherbants ne se comportent pas de façon identique, suivant la composition physique des terres.

L'expérimentation des herbicides réalisée par l'I.R.C.T. en culture cotonnière africaine est menée en trois étapes :

1. Étude de l'efficacité herbicide des produits.

Chaque produit placé en essai est testé à trois doses : celle recommandée par le fabricant et celles de 0,75 et 1,5 fois de la première. Chaque parcelle traitée est contiguë à une parcelle témoin non traitée. Les essais ne sont jamais sarclés et des évaluations quantitatives (échelle C.E.B*) et qualitatives de l'enherbement sont faites 15, 30, 45 et éventuellement 60 jours après le semis. Cela permet d'apprécier la valeur d'un produit, sa phytotoxicité sur les différentes espèces de la flore adventice, et de préciser sa dose d'emploi dans les conditions écologiques de la région de l'essai.

2. Étude de la phytotoxicité vis-à-vis du cotonnier.

Les produits efficaces sont testés à la dose déterminée comme optimale dans les essais d'efficacité, et des doses double et triple sont comparées à un témoin non traité. Les parcelles d'essais sont réparties au hasard et maintenues sans herbe par des sarclages.

Des observations sont faites sur les cotonniers :

- comptage des pieds levés 30 jours après le semis ;
- appréciation des symptômes de phytotoxicité (échelle C.E.B.*), 15, 30 et 45 jours après le semis ;
- évaluation des rendements.

3. Approche économique de l'utilisation des produits.

En possession des résultats précédents on connaît donc les produits utilisables sans risque sur cotonnier et leur dose d'emploi

* Commission des Essais Biologiques.

théorique. Une étude de confirmation (ou plusieurs parfois) est indispensable en milieu paysan pour déterminer les difficultés réelles d'emploi, les risques de toxicité pour l'environnement et le coût des traitements.

Ce n'est qu'à la suite de ces expériences que chaque produit peut être recommandé.

Les méthodes d'utilisation conseillées aux agriculteurs se définissent par rapport aux stades de développement de la culture cotonnière et des adventices à détruire :

Traitements de présemis. — L'herbicide est appliqué après la préparation du sol et avant le semis. Cela permet l'utilisation de produits photodégradables à incorporer à la couche superficielle du sol. Le cotonnier avec sa racine pivotante n'est pas — ou très peu — en contact avec le produit (photo 27).

Dans ce type d'application d'herbicides très peu phytotoxiques utilisés actuellement sur le coton on dispose des produits suivants :

Trifluraline (dinitroaniline) utilisée à la dose de 960 g de matière active par hectare. Très photodégradable ce produit doit être incorporé au sol immédiatement après l'épandage.

Dinitramine (dinitroaniline) : dose d'emploi de 720 g de matière active à l'hectare ; à utiliser dans les mêmes conditions que la Trifluraline.

Traitement en pré-levée de la culture. — L'herbicide est réparti sur le sol juste après le semis de telle sorte que les racines des plantes adventices entrent en contact avec lui. Dans le cas où le semis est retardé involontairement alors que les sols sont déjà préparés, des mauvaises herbes se développent. Dans ce cas on utilise un mélange d'herbicide de contact avec un herbicide de pré-levée.

Les produits suivants sont utilisables :

Butraline (dinitroaniline) utilisée à la dose de 2 000 g de matière active à l'hectare lorsqu'elle est incorporée au sol à l'épandage ; on emploiera 2 200 g en distribution de surface.

Penoxaline (dinitroaniline) utilisée à raison de 1 320 g de matière active à l'hectare en incorporation au sol ; on augmente à 1 650 g pour utilisation en surface.

Dipropetryne (triazine) utilisée à 3 200 g de matière active à l'hectare, ce produit est particulièrement recommandé pour les sols légers.

Fluometuron (urées substituées) utilisé à la dose de 1 750 g de matière active à l'hectare ; ce produit se dégrade très lentement dans le sol.

Enfin signalons pour être complet, que l'on utilise le **GLYPHOSATE** qui est un désherbant total, en sol nu avant coton, pour éliminer Imperata et Cyperacées bulbeuses, plantes qui envahissent certaines zones où il devient très difficile d'assurer une culture rentable du cotonnier. Utilisé à la dose variable de 1 800 à 4 000 g de matière active par hectare suivant l'intensité de l'envahissement, le Glyphosate a une action systémique après avoir été absorbé par les feuilles.

L'épandage des produits peut être limité à des bandes de 25 à 50 cm de terre correspondant aux lignes de cotonniers où le désherbage manuel est obligatoire, alors que l'interligne sera nettoyé par un sarclage mécanique (photo 28).

RÉCOLTES

La floraison étant échelonnée il en découle que la récolte d'une culture cotonnière s'étalera sur un laps de temps en liaison avec la variété utilisée et les conditions de croissances de la plante.

La récolte consiste à enlever du champ le coton-brut, c'est-à-dire l'ensemble des graines et des fibres contenues dans chaque capsule lorsque celle-ci est ouverte.

Récolte manuelle (photo 31).

Elle consiste à faire passer entre les lignes de cotonniers une main-d'œuvre qui cueille le coton mûr et le dépose dans des récipients qu'elle transporte avec elle. Ceux-ci permettent de récolter séparément le coton blanc et propre et le coton taché par des insectes, des produits, des maladies ou de la terre.

Pour ce faire les travailleurs s'emparent, à la main, du coton-graine qui dépasse largement de la capsule sèche et exercent une traction qui sépare le coton-brut de la plante. Ils doivent éviter de le souiller avec des débris végétaux et particulièrement des petites particules de bractées ou feuilles, difficiles à séparer manuellement ou mécaniquement à l'usine d'égrenage. En outre, le coton brut étant dans de nombreux pays estimé suivant son aspect, l'agriculteur a tout intérêt à présenter à l'acheteur un produit de propreté irréprochable.

La récolte manuelle a lieu suivant deux modalités variables selon le pays ou l'époque : récolte à la tâche ou récolte à la journée.

Dans le premier cas le prix du kilogramme de coton récolté est établi d'un commun accord entre l'agriculteur et le récolteur. C'est la pratique la plus utilisée car elle ne demande aucune surveillance sinon celle de contrôler la propreté de la récolte. La récolte à la journée est généralement utilisée en début et en fin de récolte lorsque celle-ci n'est pas assez abondante pour permettre à un ouvrier de dépasser son salaire journalier.

Le nombre de cueillettes dépend du potentiel productif du champ et de la main-d'œuvre dont on dispose. Cependant on doit préciser que la fibre ne conserve une qualité irréprochable que durant trois semaines environ après la déhiscence de la capsule. Passé ce délai, sous l'effet conjugué du vent, de la pluie, du parasitisme, la fibre perd de son lustre, de son brillant et le classement ultérieur s'en trouve diminué. Dans les cas extrêmes la fibre peut perdre jusqu'à un ou deux grades. Enfin la persistance trop longue sur le champ avant une récolte peut avoir un effet néfaste sur la graine, donc la faculté germinative, la qualité de l'huile et la valeur des tourteaux ou farines.

Lorsque la main-d'œuvre a terminé sa journée le coton est pesé sur le champ et très souvent conservé en tas pour permettre de le sécher ultérieurement au soleil. Dans les régions les plus humides le séchage a lieu sur des claies ; l'humidité apportée par la rosée du matin doit être éliminée.

Un ouvrier cueille de 20 à 80 kg de coton-graine par jour.

Récolte mécanique.

Elle est née aux U.S.A. au milieu du XIX^e siècle (premier brevet de Rembert et Prescott de Memphis en 1850) de la conjonction de deux phénomènes : les possibilités d'extension considérables de la culture cotonnière par suite de l'apparition de l'égreneuse à scies et la rareté de la main-d'œuvre agricole à la suite de l'abolition de l'esclavage (progressive de 1820 à 1861).

A l'heure actuelle, les U.S.A., l'U.R.S.S., certains autres pays d'Amérique (Mexique, Nicaragua) et d'Asie (Israël, Inde), utilisent des récolteuses mécaniques pour tout ou partie de leur production. Il est à prévoir que cette liste d'utilisateur s'allongera dans les années à venir pour des raisons agro-économiques. Déjà en Afrique la Côte d'Ivoire a fait des essais concluants sur les possibilités d'utilisation de récolteuses mécaniques. Il est toutefois apparu que l'époque n'était pas encore propice à leur utilisation. En effet, si l'emploi de récolteuses mécaniques résoud de nombreux problèmes de main-d'œuvre, il entraîne avec lui de réelles contraintes qu'il est nécessaire de connaître :

— la mécanisation de la récolte réduit considérablement l'utilisation de la main-d'œuvre puisque l'on passera de 20 à 40 journées par hectare à moins d'une demi-journée en incluant les travailleurs utilisés jusqu'au magasin de stockage ;

— le coût très élevé de ces machines suppose que ce soit l'État, ou des sociétés spécialisées privées ou coopératives qui se chargent de cet investissement.

Celui-ci n'est possible que dans les régions où les fluctuations des surfaces cotonnières sont modiques, et les propriétés peu morcelées. Les récoltes doivent pouvoir être utilisées à plein temps pour en réduire l'amortissement par heure travaillée. La stabilisation de la production est donc nécessaire à leur emploi ;

— plusieurs passages sur le même lieu grèveraient par trop le coût de la récolte, aussi celle-ci doit-elle être réalisée en une seule fois ; la production doit être groupée ; seule l'utilisation de variétés adaptées permet de répondre à cette exigence (photo 30) ;

— le coton récolté s'accompagne d'une part importante et inévitable de débris végétaux (feuilles, bractées, rameaux) non éliminés par le système d'épuration ; d'autre part le coton est récolté quel que soit son degré d'humidité. Les usines d'égrenage doivent donc se pourvoir en systèmes complémentaires de nettoyages et de séchages, ce qui suppose des investissements importants dont l'utilité doit être déterminée.

L'emploi de récolteuses à coton ne peut se concevoir sans frais considérables de nettoyage que si la culture a été préalablement défoliée.

DÉFOLIATION.

Le mélange de feuilles avec le coton-graine est inévitable quel que soit le mode de récolte mécanique envisagé. Ce sont toujours des pays où la mécanisation est très poussée, aussi les moyens ne manquent-ils pas pour saupoudrer ou pulvériser sur les feuilles des produits chimiques dont le rôle sera d'en hâter la chute. Les défoliantes ne doivent être toxiques ni pour l'homme, ni pour la plante afin que seules les feuilles soient atteintes et que les capsules presque mûres puissent terminer leur développement entre le traitement et la récolte. L'action des défoliantes provoque une abscission similaire à celle due à la sénescence des feuilles. Ils produisent leurs effets dans des limites assez larges suivant leur nature chimique, l'état de la culture et de l'atmosphère et les moyens d'épandage. On compte en général entre cinq et quinze jours pour que les feuilles soient complètement éliminées.

On propose aux producteurs de nombreux produits qui

doivent être utilisés à des doses relativement précises : trop faibles elles sont inefficaces ou trop lentes, trop fortes elles risquent de tuer la feuille sans que celle-ci ait eu le temps de former son tissu d'abscission si bien qu'elle reste fermement attachée au plant. Le but recherché ne serait donc pas atteint.

En poudrage :

- chlorate de soude, 30 kg à l'hectare.
- On l'utilise actuellement avec des accélérateurs.

En pulvérisation :

- chlorate de magnésie
- chlorate de soude (20%) avec
- chlorate de magnésie (13 %)) 13 à 18 l de matière active à
- chlorate de soude (18%) avec) l'hectare suivant l'importance fo-
- métaborate de soude (18 %)) liaire.
- cacodylate de soude à 2 kg de matière active à l'hectare
- thidiazuron à 125 g de matière active à l'hectare.

D'autres apparaîtront encore sur le marché pour lesquels une simple expérience, suivant les normes du fabricant, sera suffisante pour en déterminer les caractéristiques d'emploi.

Le défoliation est parfois utilisée pour arrêter une végétation trop abondante favorisant les moisissures ou pourritures de capsules ou pour faciliter la récolte manuelle en pays particulièrement humides.

RÉCOLTEUSES

Toutes les récolteuses à coton sont basées sur des principes à peu près similaires, qu'elles soient originaires des U.S.A. ou d'U.R.S.S. (seuls fabricants actuels). Seules des modalités secondaires de fabrication les différencient.

Dans un but de meilleure compréhension nous conserverons volontairement la dénomination américaine de ces machines.

« COTTON STRIPPER » (photo 32).

Littéralement « arracheur de coton » cette machine arrache la capsule, le fruit du cotonnier dans son entier c'est-à-dire le coton-graine, les carpelles et les bractées. Elle se présente sous la forme d'un très grand peigne autotracté entre les dents duquel passent tous les cotonniers. Ceux-ci sont couchés par un rouleau sur le peigne et les capsules sont finalement arrachées de la plante

puisqu'elles ont un diamètre très supérieur à l'entredent. On conçoit donc très bien les défauts de cette machine de conception relativement simple : récolte d'un mélange d'une quantité importante de branches, brindilles, feuilles, et de toutes les capsules, qu'elles soient ouvertes ou immatures. La proportion de déchets dans le coton brut est considérable (jusqu'à 30 %) ; un séparateur est prévu sur la machine après l'élévateur qui suit les dents du « stripper ». L'absence de mauvaises herbes dans le champ est recommandée. Après ce nettoyage grossier le coton est stocké dans un conteneur grillagé faisant partie de la machine et qu'un verin permet de verser dans les remorques destinées aux transports vers les magasins de stockage.

Ces machines récoltent plusieurs lignes de cotonniers par passage. Leur avantage principal est d'être rapide, donc économique ; on peut estimer à 1 400 kg par heure leurs possibilités de récolte. Malheureusement le coton graine, ainsi maltraité par son mélange avec des débris végétaux et des fibres auxquelles il manque une certaine maturité (capsules vertes), est généralement déprécié de un à deux grades dans le classement commercial ultérieur.

Ces machines sont réservées aux régions où les cotonniers ont un faible développement végétatif et où la récolte est quasi générale à la même époque (Arizona, Texas).

« COTTON PICKER » (photos 33 et 34).

C'est le système le plus répandu dans le monde, mais beaucoup plus complexe que le « stripper ». Son grand avantage sur ce dernier est de ne récolter que le coton-graine des capsules ouvertes et de n'abîmer que peu les plants de cotonnier ; deux récoltes sont possibles si on le désire. Son rendement horaire se situe autour de 700 à 800 kg de coton-graine.

Le « picker » se présente globalement comme une grande machine agricole autotractée de trois mètres de haut. A l'avant sont disposés des axes verticaux tournants possédant des broches horizontales tournantes, sortes de cônes effilés munis d'aspérités. Ces broches pénètrent à l'intérieur des cotonniers au fur et à mesure de l'avancement de la machine et entrent en contact avec le coton graine. Le mouvement giratoire de la broche enroule le coton-graine autour d'elle et le sépare de la capsule. Pour faciliter cette opération les broches sont humidifiées. Le coton-graine est séparé de sa broche par un débourreur, passe ensuite dans un nettoyeur qui le débarrasse de ses plus grosses impuretés et est envoyé enfin dans le bac grillagé de stockage provisoire.

Pour que l'opération soit complète les axes verticaux sont

munis de deux joues métalliques par rang traité qui dirigent les cotonniers en les comprimant légèrement. Cette machine est fabriquée pour traiter deux ou quatre lignes par passage. La conception du « picker » permet de récolter un coton de bon aspect, non déprécié.

« COTTON COMBINE » (photo 35).

C'est la dernière née des récolteuses mécaniques à coton qui date de moins de dix années. Elle traite le cotonnier comme une moissonneuse-batteuse traite les céréales.

La culture est entièrement mécanisée. Le cotonnier semé en lignes n'est pas démarré et la culture reste à haute densité (200 000 plants à l'hectare).

A la récolte les plantes sont coupées au niveau du sol sur plusieurs rangs par une puissante lame de faucheuse, puis rabattues sur un entraîneur qui présente les cotonniers à un séparateur lequel d'une part envoie le coton-graine dans un bac grillagé similaire à ceux décrits précédemment, et, d'autre part, broie le reste de la plante avant de le restituer au champ.

Le « cotton combine » est utilisé dans le cadre très particulier de possibilités productives assez limitées mais compensées par des frais culturaux réduits. Les cotonniers doivent conserver un faible développement végétatif. Rappelons qu'avec une telle densité une moyenne d'une capsule par plante d'upland apporte un rendement de 1 200 kg environ de coton brut à l'hectare suffisant pour rentabiliser un tel mode d'exploitation.

TRANSPORT ET STOCKAGE (photos 36 et 37).

Il est assez différent suivant les cotonniers, les moyens mécaniques dont dispose l'agriculteur et le mode de commercialisation adopté. Dans le cadre d'une récolte manuelle en pays africains, certains ouvriers seront chargés d'étendre le coton-graine sur des bâches ou des aires en ciment pour le sécher au soleil et lui donner un bel aspect en éliminant les déchets les plus visibles.

Un petit agriculteur transportera sa récolte par ses moyens traditionnels jusqu'à son village et il la disposera dans des greniers en plein air afin de la mettre hors d'atteinte des rongeurs. Elle sera ensuite dirigée au lieu du marché le jour dit et ensuite acheminée vers un lieu de stockage proche de l'usine d'égrenage : hangar, ou tout simplement en plein air dans les zones sèches.

L'agriculteur peut également disposer de moyens de transport plus perfectionnés, tels que remorque de tracteur avec ridelles en grillage ou camions. Si la distance à parcourir est peu importante

le coton-graine sera transporté tel quel jusqu'au lieu de stockage, sinon il lui fera subir un léger pressage dans des sacs à l'aide d'un rondin afin d'en réduire le volume.

Dans les pays où le coton reste la propriété de l'agriculteur jusqu'à sa vente le stockage dans les usines d'égrenage a lieu dans des hangars à casiers individualisés. Les remorques, camions sont pesés à l'arrivée dans l'usine puis des manches à aspiration pneumatique dirigent le coton-graine dans le casier réservé au producteur.

En Amérique du Nord le transport entre le producteur et l'usine d'égrenage s'effectue très souvent avec des remorques spéciales chargeant automatiquement sans main-d'œuvre une masse importante de coton-graine préalablement pressée et calibrée. Dans ce pays, en effet, le coton-graine est entreposé très souvent en bordure de champ d'où il est dirigé ensuite à l'usine d'égrenage sans stockage intermédiaire.

DEUXIÈME PARTIE

**FACTEURS D'AMÉLIORATION
CULTURALE**

CHAPITRE VI

LA FERTILISATION MINÉRALE *

La nutrition minérale des végétaux étant naturellement assurée par le sol, la fertilisation a pour but de compenser ses insuffisances pour permettre une production optimale compatible avec le milieu naturel, économique et humain. Nous l'étudierons pour les pays africains francophones tropicaux, la diversité mondiale des sols nous contraignant à un choix.

NUTRITION MINÉRALE ET FERTILISATION

De très nombreux éléments minéraux participent à la nutrition des végétaux mais six éléments majeurs : N, P, S, K, Ca et Mg, ainsi que quelques oligo-éléments, retiennent l'attention de l'agronome. Chacun d'eux a un rôle bien spécifique dans la physiologie des plantes, mais celle-ci présente des aspects particuliers suivant les cultures.

AZOTE.

En culture cotonnière, lorsque les principales déficiences minérales du sol ont été corrigées, l'azote devient le facteur essentiel du rendement. La fertilisation azotée prend donc une importance accrue avec l'intensification des productions ; sa conduite n'est cependant pas simple car, selon les milieux, les doses les plus élevées peuvent provoquer une dépression du rendement. Pour bien comprendre ces effets opposés, il est nécessaire de tenir compte des caractéristiques du développement du cotonnier et des conséquences de la croissance sur la fructification.

* Avec L. RICHARD, agronome à l'I.R.C.T.

Le cotonnier est une plante à différenciation continue. On peut donc observer sur un plant, à un moment donné, tous les stades de la fructification, depuis le bourgeon floral jusqu'à la capsule ouverte. Théoriquement tout facteur favorisant la croissance et le développement devrait avoir un effet positif sur la production du cotonnier ; en fait, la situation est plus complexe car on observe une chute des jeunes capsules à la base du plant quand la densité de végétation devient trop importante, ce qui est dû pour une grande part à une limitation de la photosynthèse provoquée par l'ombrage des étages supérieurs. Cela explique que les cotonniers les plus grands soient généralement les plus tardifs et qu'ils puissent même être moins productifs que des cotonniers de taille plus réduite quand l'alimentation hydrique devient insuffisante pour conduire les dernières capsules à maturité.

L'azote a des effets directs sur le cotonnier qui se traduisent par un accroissement de la taille, non pas par allongement des entre-nœuds et de la distance entre branches, mais par leur plus grand nombre. L'azote augmente donc le volume de floraison et améliore également sa précocité. Celle-ci s'estime en mettant en relation la présence d'une fleur ouverte sur le premier nœud d'une branche fructifère avec le nombre de jours après la levée. Dire qu'à 55 jours le niveau de floraison est égal à 2 signifie qu'à cette date il y avait une fleur ouverte sur le premier nœud de la deuxième branche fructifère. Le nombre de jours séparant deux niveaux de floraison successifs indique la vitesse de développement de la floraison, facteur important de la précocité.

Dans le tableau II nous donnons comme exemple les résultats d'une expérimentation réalisée en Haute-Volta en 1974.

TABLEAU II

**Azote et précocité de la floraison
(Haute Volta 1974)**

FERTILISATION azotée N (kg/ha)	NIVEAU DE FLORAISON		NOMBRE de jours séparant en moyenne 2 niveaux
	55 jours	75 jours	
N = 0	1,9	5,6	5,4
N = 34	2,5	6,8	4,6
N = 56	2,6	7,7	4,0
N = 78	2,6	8,4	3,4

Théoriquement, d'après les effets directs de l'azote sur la croissance et le développement du cotonnier, tout apport à une culture devrait se traduire par une production plus abondante et plus précoce. Cette situation est cependant loin d'être générale en raison des abscissions capsulaires à la base des plantes que nous venons de citer. La fertilisation azotée accroît fréquemment la tardivité de la production et conduit même à des effets dépressifs (fig. 21).

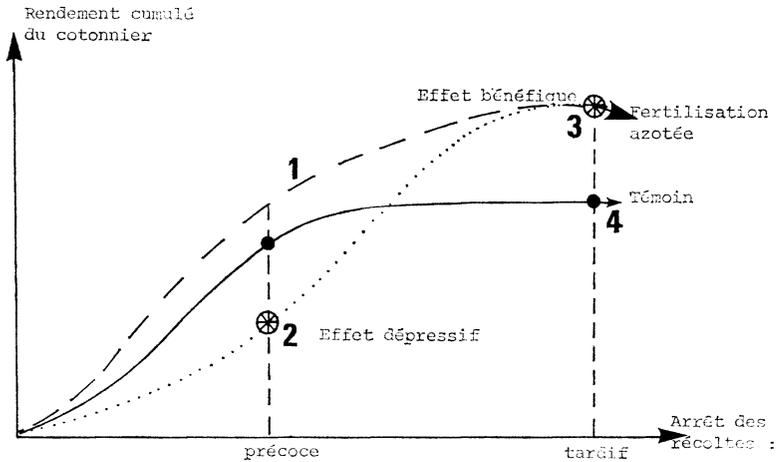


FIG. 21. — Effet de la fertilisation azotée sur l'abondance et la précocité des récoltes : 1, courbe théorique en l'absence des chutes des premières capsules ; 2, effet dépressif ; 3, effet, bénéfique ; 4, témoin.

Les besoins en azote du cotonnier sont donc très variables d'une région à l'autre suivant la durée du cycle de végétation que l'on peut estimer en nombre de jours entre le semis et la dernière pluie utile de la saison (Sénégal 90, Côte-d'Ivoire 130). En outre pour une même région les besoins peuvent également varier suivant les conditions météorologiques et pédologiques : au Mali il y a une corrélation étroite entre la nutrition azotée, la température et la pluviométrie ; en Iran la réponse à l'azote est liée uniquement au taux de matière organique au sol et en Amérique Centrale c'est le facteur perméabilité et lixiviation qui détermine la nutrition azotée du cotonnier en raison des fortes précipitations.

Il est donc difficile à un agronome de conseiller a priori la meilleure fertilisation azotée sans étude préalable ; c'est pour pallier cette difficulté que l'I.R.C.T. a mis au point un diagnostic de la nutrition azotée par l'analyse de l'azote soluble dans l'eau du

pétiole de la fleur terminale du plant ; des valeurs optimales de référence suivant l'âge du cotonnier permettent de corriger la fertilisation apportée au semis en fonction des conditions climatiques de l'année (L. Richard). En pratique le niveau de la fertilisation azotée sera déterminé par les résultats de la recherche ; les doses d'azote utilisées en milieu tropical sont très variables, elles peuvent atteindre 200 kg par hectare en Amérique Centrale, mais en Afrique elles dépassent rarement 80 à 90 kg à l'hectare. Les apports se font en une ou deux fois suivant la durée du cycle de végétation : lorsqu'elle dépasse 100 à 110 jours il est recommandé de fractionner les apports entre le semis et le 50^e jour de végétation. Il est avant tout nécessaire d'assurer une bonne nutrition azotée en début de végétation, une déficience précoce mal corrigée étant toujours difficile à compenser par la suite.

Les engrais azotés les plus utilisés en milieu tropical humide sont l'urée et les formes ammoniacales (sulfate ou mieux phosphates) ; on évite l'emploi des nitrates trop solubles à l'eau. Enfin, une source d'azote très prometteuse provient des légumineuses dont le reliquat en azote est estimé à 50 kg par hectare (arachide, niébé, voandzou, soja). Dans certaines régions d'Afrique (nord-Togo) on peut supprimer la fertilisation azotée du cotonnier lorsqu'il succède à une belle culture d'arachide.

PHOSPHORE (photo 6).

Le phosphore est un élément essentiel de la physiologie cellulaire, il participe à la plupart des activités biochimiques de la plante : respiration, synthèse et dégradation des glucides, synthèse des protéines, activités diastasiques, etc.

Quantitativement son importance est moindre que celle de l'azote puisqu'une culture de cotonniers exporte ou immobilise moitié moins de phosphore que d'azote ou de potasse. Sa déficience est cependant très fréquente en milieu tropical ; elle se manifeste par une teinte vert foncé, presque bleutée du feuillage, une réduction de la taille des feuilles et du plant, ainsi que par une diminution de la longueur de la fibre. Pour diagnostiquer les carences en phosphore on a pensé pendant longtemps que la réponse aux engrais phosphatés était en raison inverse de la richesse des sols en phosphore « assimilable », c'est-à-dire extractible par des réactifs conventionnels ; il est vrai que de très bonnes corrélations ont pu être établies dans de nombreux cas entre l'alimentation phosphatée des plants et ces tests chimiques. Toutefois, si les relations constatées entre phosphore et fertilité sont nettes en valeurs relatives à l'intérieur d'un même type de sol, par contre les valeurs absolues deviennent souvent très différentes lorsqu'on passe d'un type de sol à l'autre.

Pour l'analyse des sols tropicaux il semble préférable d'adopter une technique en milieu alcalin comme la méthode Olsen modifiée Dabin, plutôt qu'en milieu acide comme la méthode Bray, en raison de la prédominance de phosphate d'alumine et de phosphate de fer et de la faible teneur en phosphate de calcium dans ces sols (B. Dabin).

L'évolution dans le sol des engrais phosphatés pose également un problème en raison du pouvoir fixateur, souvent fort, des sols tropicaux. D'ailleurs cette fixation est progressive, il y a une fixation immédiate importante sous forme de P Al considéré comme une forme utilisable par les plantes et une évolution vers la forme P Fe moins soluble en fonction du temps. Cette évolution est lente et on note fréquemment des arrière-effets de l'apport d'un engrais phosphaté portant sur plusieurs années. Nous donnons en exemple, dans le tableau III, les résultats de l'expérimentation I.R.C.T. au Mali d'une rotation coton-sorgho-arachide, où seul le coton était fertilisé :

— fertilisation complète NSPK :

sulfate d'ammoniaque.....	150 kg/ha
urée à 50 jours.....	100 kg/ha
phosphate bicalcique.....	270 kg/ha
chlorure de potasse.....	180 kg/ha
boracine	5 kg/ha

— fertilisation sans phosphore, NSK : même formule sans P.

TABLEAU III

**Arrière-effet du phosphate bi-calcique au Mali (1966 à 1976).
Rendements moyens de trois essais, durant neuf ans (kg/ha)**

	NSPK sur coton	NSK sur coton
Coton.....	2 353	1 569
Sorgho.....	1 832	1 258
Arachide.....	1 948	1 574

On observe un très net arrière-effet sur sorgho et arachide du phosphate bicalcique apporté au cotonnier. L'expérience prouve que cet arrière-effet est encore sensible trois ou quatre années après l'application.

Le choix de l'engrais phosphaté le mieux adapté à un milieu donné dépend évidemment de sa solubilité. Le commerce des engrais reconnaît trois catégories :

- engrais phosphatés solubles :
superphosphates de chaux, phosphates mono et diammoniques, phosphates d'ammoniaque ;
- engrais phosphatés hyposolubles :
bicalcique, Phospal, scories Thomas ;
- engrais phosphatés insolubles :
phosphates de chaux naturels moulus.

En milieu tropical les deux premières catégories ont des effets sensiblement identiques ; efficaces dès leur application ils présentent des arrière-effets prolongés. La dernière catégorie, qui correspond aux phosphates naturels dont les gisements sont fréquents en Afrique, possède deux grands avantages : son faible coût près des lieux d'extraction et son apport en chaux $\frac{\text{Ca O}}{\text{P}_2\text{O}_5}$ est souvent voisin de 1,5. Ils ne peuvent cependant pas s'employer en toutes circonstances, il faut en effet que la pluviométrie soit régulière et assez abondante, l'absence d'efficacité étant constante lorsque la pluviométrie mensuelle est inférieure à 100 mm au cours des premiers mois suivant l'application ; par la suite les arrière-effets sont très stables. Ces phosphates sont surtout réservés aux fertilisations de redressement dans des situations très déficientes ou bien aux fertilisations appliquées en tête de rotation ; il est quelquefois conseillé d'adjoindre à cette fumure, en première année, une faible dose de phosphate soluble.

POTASSE.

Le potassium constitue avec le calcium la majeure partie des matières minérales de la plante et environ 3 % de la matière sèche des végétaux.

Le rôle du potassium dans la plante est varié ; il est notamment important comme régulateur des fonctions de la plante, il intervient dans la photosynthèse, l'économie en eau de la plante et sa résistance à certaines maladies cryptogamiques, telles que la fusariose pour le cotonnier.

Les symptômes extérieurs de la déficience potassique chez le cotonnier sont caractéristiques : les feuilles les plus anciennes présentent d'abord un jaunissement entre nervures, puis une nécrose en bordure de limbe, la feuille se desséchant ensuite en restant accrochée au plant. Ce flétrissement apparaît par taches dans les champs, lorsque la formation des capsules est déjà bien avancée, aux environs du 90^e jour de végétation (photo 8).

Le potassium se trouve dans le sol sous des formes variées plus ou moins libres, dans les roches-mères, dans les argiles à

l'état rétrogradé, adsorbé par le complexe argilo-humique, dans les matières organiques humifiées et dans la solution du sol. Ces formes ne sont d'ailleurs pas indépendantes entre elles et de nombreuses réactions d'équilibre définissent leurs relations. Si l'on veut avoir un tableau complet de l'économie en potassium d'un système de production il faut, en outre, compléter cet aspect pédologique par les données climatiques et agricoles propres au système envisagé (fig. 22).

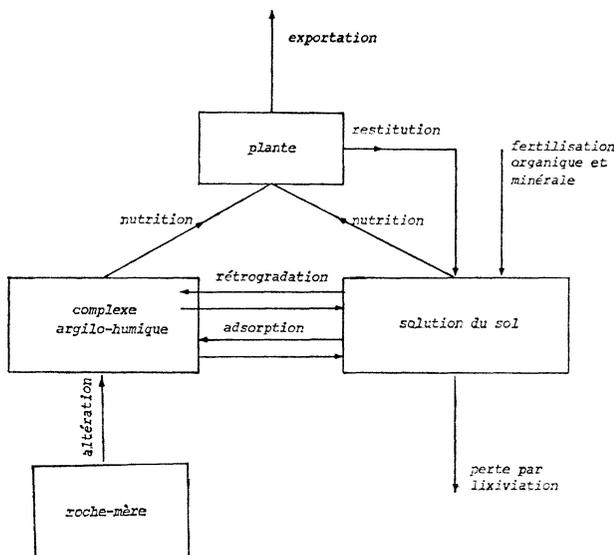


FIG. 22. — Schéma général de l'économie en potassium d'un système de production.

Ce schéma très général prendra évidemment un aspect particulier propre à chaque système ; suivant l'incidence des trois catégories de facteurs que nous venons de retenir ce sera soit les phénomènes de lessivage qui domineront cette économie, soit les phénomènes de rétrogradation ou même d'altération de la roche-mère, ce qui est possible en milieu tropical.

Dans chaque situation l'économie générale du potassium devra être présente à l'esprit de l'agronome qui discutera et interprétera une expérimentation pour vérifier la cohérence entre observations ou adapter les résultats acquis aux milieux agricoles susceptibles de les valoriser.

Le diagnostic des déficiences potassiques par l'analyse du sol a souvent été recherché, mais l'unique dosage du potassium

échangeable ne donne que peu d'informations sur la réponse du cotonnier aux apports de potasse ; par contre on arrive à une corrélation assez étroite avec cette réponse si on associe la richesse du sol en matière organique (MO) à celle du potassium échangeable. L'I.R.C.T. a établi une relation entre ces variables à partir des résultats de l'ensemble de son réseau d'expérimentation en Afrique (L. Richard).

$$\text{Déficiency K} = 77,5 - 7,7 \% \text{ MO \% (0 à 40 cm)} + \\ 112,5 \text{ K ech. meq/100 g (0 à 40 cm).}$$

La déficience en K prend la valeur 100 en l'absence de réponse aux apports de potasse et diminue quand les besoins de la culture s'accroissent.

Cette relation montre que le niveau critique du potassium échangeable dans le sol est d'autant plus élevé que celui-ci est riche en matière organique. C'est une illustration de la loi du minimum.

On peut résumer ainsi les conditions de l'emploi de la fertilisation potassique en Afrique francophone :

— la fertilisation potassique s'adresse en priorité aux sols ayant un bon potentiel de production défini par leur taux de matière organique ;

— il est inutile de fractionner les apports de potasse en cours de culture ;

— la fertilité potassique d'un sol se maintient lorsque le bilan fertilisation-exportation de la culture ou du système de cultures est équilibré ;

— la restitution des résidus de récolte améliore le bilan et limite les apports de potasse par les engrais.

En pratique les apports peuvent atteindre 90 kg par ha et par an de K_2O en présence d'une forte déficience. La fertilisation d'entretien dépend des rendements des cultures ; pour une production de 1 000 kg/ha de coton graine il faut apporter 12 kg de K_2O par hectare si l'on restitue la totalité des résidus de récolte, et 30 kg par ha en cas d'exportation totale. L'importance des apports de potassium est sensiblement proportionnelle au rendement du cotonnier.

Le chlorure et le sulfate de potassium sont les deux formes d'engrais potassique les plus utilisées. Ce dernier est préférable en raison de l'absence de l'ion Cl^- qui peut avoir une action dépressive sur la nutrition en agissant sur les anions N et P.

Le diagnostic foliaire de la nutrition potassique permet de la caractériser (déficiente ou non) aux environs du soixante dixième jour de végétation.

CALCIUM ET MAGNÉSIUM (photo 9).

Calcium et magnésium sont classés parmi les éléments majeurs de la nutrition végétale, mais étant présents dans le sol en quantités importantes on ne les considère généralement pas comme éléments fertilisants bien que l'on ait pu mettre en évidence quelques cas de déficience directe sur cotonnier. Par contre c'est leur rôle d'amendement qui doit retenir l'attention pour corriger notamment les effets acidifiants de la fertilisation minérale dans les régions tropicales humides. En Côte-d'Ivoire les effets à moyen terme de doses de fumure croissantes ont été mesurés sur des sols ferrallitiques de qualités très variables. Sur cet ensemble de sols, y compris les plus riches, les teneurs en Ca et Mg échangeables ainsi que le pH sont inversement proportionnels aux doses d'engrais appliquées et lorsque le pH devient inférieur à 5 les teneurs en Al échangeable dépassent le seuil de toxicité couramment admis pour le cotonnier.

On note également que les pertes en Ca et Mg échangeables sont d'autant plus fortes que les sols sont bien pourvus en ces éléments. Dans le cas de savanes pauvres l'efficacité des engrais sur le rendement du cotonnier diminue rapidement. Dans cette situation des amendements relativement modestes correspondant à 4 kg de dolomie (30 % de Ca O et 20 % de Mg O) par kg d'azote ont permis de redresser les teneurs en Ca et Mg, de diminuer les teneurs en Al échangeable et d'accroître de façon spectaculaire l'efficacité de la fertilisation. Pour le maintien du pH on peut limiter les apports de dolomie à 2 kg par kg d'azote de la fertilisation.

SOUFRE (photos 4 et 5).

Le soufre est un élément constitutif essentiel de nombreuses protéines au même titre que l'azote et le phosphore. Le milieu artificiel optimal défini par l'I.R.C.T. pour la nutrition minérale du cotonnier prévoit les rapports suivants entre ces trois éléments :

$$\frac{\text{NO}_3}{16} = \frac{\text{SO}_4}{1} = \frac{\text{PO}_4 \text{H}_2}{1}$$

Il y a donc équivalence entre soufre et phosphore. Le soufre est donc bien pour le cotonnier un élément majeur de la nutrition ; les symptômes de déficience étaient fréquents dans les zones cotonnières d'Afrique avant que cet élément ait été adjoint systématiquement aux formules d'engrais. Les symptômes visuels sont assez voisins de ceux de la déficience azotée : décoloration ou jaunissement du limbe entre les nervures, surtout du sommet du plant, les nervures demeurant vertes contrairement à ce que l'on observe fréquemment avec la déficience azotée. Le diagnostic

foliaire par analyse du soufre dans le limbe de la feuille donne une information précise sur l'état de la nutrition du cotonnier. Le soufre dans le sol se rencontre à l'état minéral (sulfate) et surtout organique, ce qui explique les variations parallèles de l'azote et du soufre sous l'effet des facteurs climatiques et agricoles. Le soufre est toutefois moins sensible que l'azote à la lixiviation. Les exportations par le cotonnier sont limitées ; sur la base d'un rendement de 1 000 kg/ha de coton-graine on estime que la récolte et les résidus de cultures exportent respectivement 1 kg par hectare de soufre élément.

Il est cependant nécessaire d'adjoindre le soufre aux apports d'engrais, surtout dans les sols pauvres en matière organique ou lorsque celle-ci tarde à se minéraliser après une période de jachère. Le soufre est apporté aux cultures par le sulfate d'ammoniaque, le sulfate de potasse et le superphosphate simple ; 15 kg/ha de soufre assurent une nutrition suffisante du cotonnier lorsque le sol est déficient.

BORE (photo 10).

La déficience en bore est fréquemment observée sur cotonnier en milieu tropical. Les symptômes visuels sont très caractéristiques : les pétioles présentent des renflements annulaires vert foncé pourvus d'une pilosité plus abondante ; en outre les cotonniers prennent un aspect buissonnant, les feuilles deviennent cassantes en s'épaississant et prennent une forme convexe ; il y a chute des capsules par suite d'un taux de fécondation des ovules insuffisant. La déficience en bore s'aggrave avec les apports d'azote.

Dans le sol le bore est lié à la matière organique, sa disponibilité dépend de tous les facteurs climatiques et agricoles qui affectent la minéralisation de l'humus. Les périodes de sécheresse sont notamment défavorables à une bonne nutrition en bore de la plante. Les déficiences en bore peuvent se corriger en cours de végétation du cotonnier par des pulvérisations foliaires, mais il est préférable d'inclure de la boracine dans les formules d'engrais, même à titre préventif, à la dose de 3 à 4 kg par hectare. La boracine contient 14,5 % de bore, soit 45 % de B_2O_3 .

PROGRAMMES DE FERTILISATION

ASPECTS GÉNÉRAUX DES PROGRAMMES DE FERTILISATION.

Les programmes de fertilisation reposent sur des données pédologiques et climatiques pour satisfaire les besoins de la plante, mais ils tiennent compte également de l'ambiance économique

dans laquelle se développe la production. Il est rarement souhaitable, en effet, de rechercher le rendement maximal ; il existe également un optimum économique qui assure la meilleure rentabilité au coût de la fertilisation. Ce double aspect technique et économique est illustré par la fig. 23.

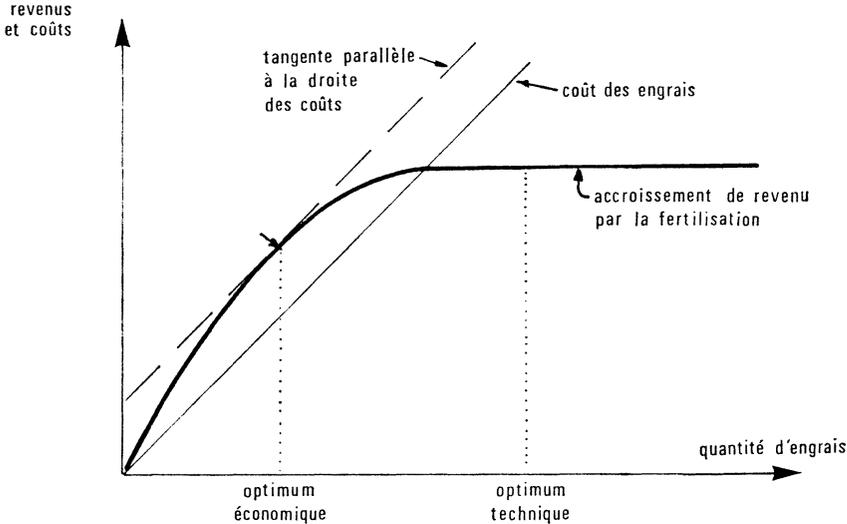


FIG. 23. — Optimum technique et optimum économique de la fertilisation.

On ne peut, non plus, dissocier la fertilisation des autres facteurs d'intensification tels que les traitements phytosanitaires et les variétés améliorées, les uns et les autres sont interdépendants et contribuent ensemble au progrès agricole. Leur incidence sur la production est illustrée par deux situations distinctes observées en Afrique centrale et en Afrique occidentale.

On remarque fig. 24 (Afrique centrale) que les courbes de superficies et de production suivent un tracé à peu près parallèle, donc de production à l'hectare stagnante, lorsque la quantité d'engrais utilisée est stable, alors qu'en fig. 25 (Afrique occidentale) l'accroissement de la production est plus rapide que celui des surfaces cultivées dans les conditions d'une consommation accrue d'engrais. Il y a dans ce dernier cas meilleur rendement à l'hectare et progrès technique à l'utilisation de la fertilisation minérale.

Les programmes de fertilisation qui concourent au développement de la production cotonnière peuvent avoir des objectifs divers. A court terme on peut proposer un programme pour

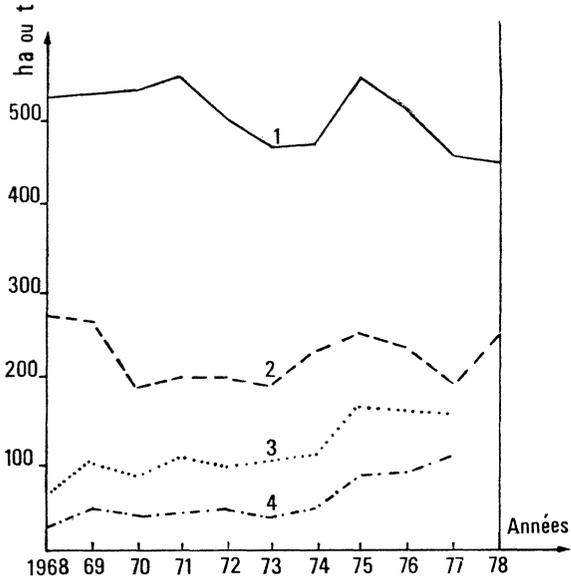


FIG. 24. — Situations groupées de la fertilisation de Centrafrique, Cameroun et Tchad : 1, superficies en 1 000 ha ; 2, production en 1 000 t ; 3, superficies fertilisées en 1 000 ha ; 4, engrais utilisés en 1 000 t.

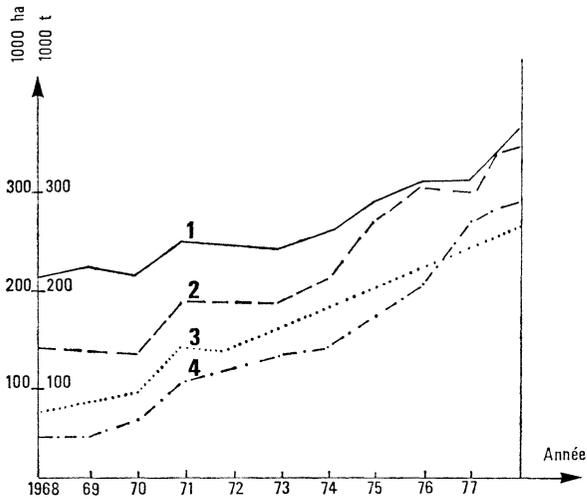
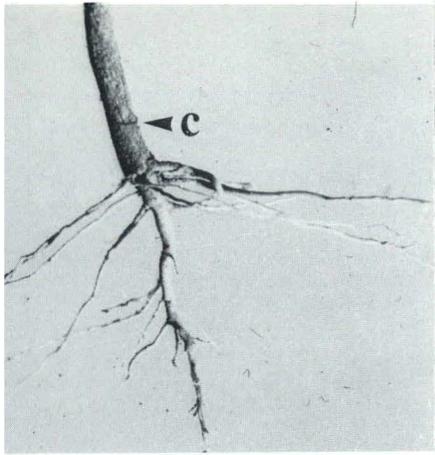


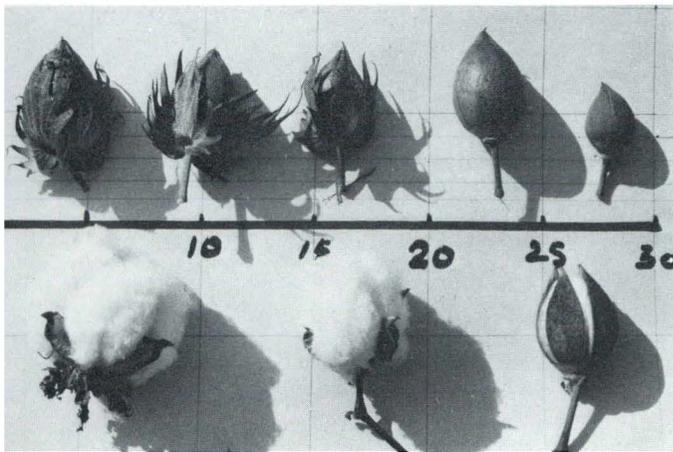
FIG. 25. — Situations groupées de la fertilisation de Côte d'Ivoire, Haute-Volta, Mali, Niger, Sénégal et Togo : 1, 2, 3 et 4 mêmes significations qu'en fig. 24.



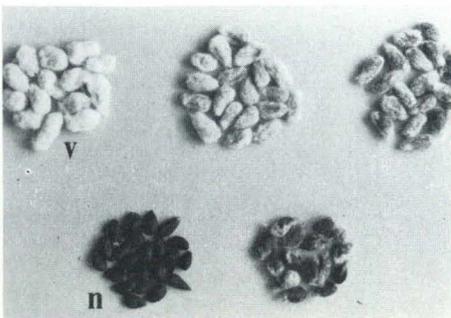
PH. 16. — Racine pivotante du cotonnier, ses racines latérales et en (c) le niveau du collet.



PH. 17. — Racines d'un cotonnier de plus de 2,75 m rencontrées en sol meuble.



PH. 18. — Capsules de cotonniers de 15 jours à maturité : les deux premières sont montrées sans bractées (divisions en cm).



PH. 19. — (v) Graines vêtues. (n) Graines nues et pilosités intermédiaires. (J. GUTKNECHT).



PH. 20. — Exubérance végétative de cotonniers annuels en sol très fertiles d'El Salvador.



PH. 21. — Le billonnage au tracteur.



PH. 22. — Semoir porté :
(a) réservoir à graines,
(b) roue tasseuse (I.R. C.T.).

améliorer le rendement du cotonnier et, accessoirement, celui des cultures qui lui succèdent grâce aux arrière-effets de la fertilisation ; à plus long terme il est cependant souhaitable d'envisager cette fertilisation dans le cadre d'un système complet où l'on cherche à améliorer l'ensemble des productions dans le respect de la fertilité du sol. En Afrique tropicale le premier type de programme est généralisé et la recherche expérimente le second type qui seul assurera la sédentarisation des cultures et la sécurité dans l'exploitation des sols.

FERTILISATION ANNUELLE DU COTONNIER EN AFRIQUE TROPICALE.

Les responsables du développement, en accord avec la recherche agronomique, soumettent chaque année à un appel d'offres les formules d'engrais les mieux adaptées aux besoins et aux possibilités du cultivateur. Cet engrais est destiné au cotonnier, mais ses effets sur les cultures suivantes ne sont pas négligeables surtout en présence d'une déficience naturelle en phosphore. Citons par exemple la Haute-Volta où, en expérimentation pluriannuelle conduite par les cultivateurs eux-mêmes, on a noté un accroissement du rendement du cotonnier de 77 %, un premier arrière-effet sur sorgho de 61 % et un deuxième arrière-effet sur arachide de 21 %.

En Annexe 2 nous avons regroupé les programmes de fertilisation utilisés en Afrique tropicale francophone en 1980.

FERTILISATION D'UN SYSTÈME DE CULTURES.

Les résultats de la recherche agronomique permettent maintenant de construire des systèmes de cultures dans lesquels les facteurs naturels et agricoles forment un ensemble cohérent. Dans les systèmes proposés par l'I.R.C.T. le cotonnier joue un rôle moteur grâce à la trésorerie qu'il procure.

La fertilisation du système est assurée en tenant compte des ressources locales : azote des légumineuses, phosphates tricalciques naturels et terres de parc produites par le bétail de l'exploitation. Les éléments fertilisants des terres de parc proviennent en majeure partie des terrains de parcours qui ne sont pas cultivables.

Le niveau de fertilisation est fixé pour que les rendements soient attractifs pour le cultivateur ; le respect du bilan équilibré « exportations-fertilisation » doit permettre un maintien de la fertilité du sol, les exportations sont limitées en restituant les résidus de récolte dans la mesure des possibilités du labour et de la pâture.

Ces systèmes sont en cours d'expérimentation ; nous donnons

en exemple la fertilisation de celui qui a été mis en place à Angaradebou au Bénin (tableau n° IV).

L'équilibre du bilan minéral a été établi en tenant compte de rendements corrects et non des rendements les plus élevés. Ces derniers nécessitent en effet des fertilisations abondantes peu compatibles avec la trésorerie du cultivateur et susceptibles en outre d'acidifier les sols à long terme.

Les rendements prévus de 1 500 kg par hectare sont exprimés en gousses d'arachide, en maïs grain et en coton graine ; le sorgho est prévu pour 1 200 kg par hectare de grain.

On observera que le bilan est volontairement excédentaire en phosphore pour compenser aussi rapidement que possible la déficience du sol d'Angaradebou. On pourra peut-être, par la suite, réduire les apports.

TABLEAU IV

Estimation du bilan «exportations-fertilisation» d'un système de culture (Angaradebou, Bénin)

Année	Rotation	Fertilisation	kg/ha			Exportations	kg/ha		
			N	P ₂ O ₅	K ₂ O		N	P ₂ O ₅	P
1	arachide	300 kg/ha ph. tricalcique..... 125 kg/ha sulfate potasse..... Fixation N atmosphérique.....	50	108	60	Fanes exportées pour la nourriture du bétail.	60	10	
2	1/2 maïs 1/2 coton	4 tonnes de terre de parc..... 50 kg/ha urée.....	41 22	26	64	Mais tiges restituées.. Coton moitié des tiges brûlées.....	16 20	6 6	
3	niébé (vigna)	Fixation N atmosphérique.....	50			Fanes exportées pour la nourriture du bétail.	60	10	
4	coton	4 tonnes de terre de parc.....	41	26	64	Moitié des tiges brûlées.....	40	13	
5	sorgho	Néant				Moitié des tiges brûlées.....	43	9	
		TOTAL.....	204	160	188	TOTAL.....	239	54	1

CHAPITRE VII

IRRIGATION

Parmi les facteurs d'intensification de la culture, l'eau est certainement l'un des plus importants pour de nombreuses régions, la vie étant « de l'eau avec quelque chose en plus ».

Partout où l'eau est inexistante ou insuffisante durant la période chaude du développement du cotonnier l'agriculteur doit avoir recours à l'irrigation qui distribue, suivant des modalités prévisibles et des techniques éprouvées, l'élément nécessaire à la rentabilité de sa culture.

Les ouvrages traitant de l'irrigation sont nombreux, aussi nous bornerons-nous, dans le cadre de cet ouvrage, à rappeler des principes généraux applicables à toutes les plantes et les liaisons unissant la plante, le sol et l'atmosphère, dans le contexte de la culture cotonnière et de son intensification.

GÉNÉRALITÉS

L'eau nécessaire au cotonnier étant amenée sur la parcelle à irriguer par quelque moyen que ce soit (organisation du réseau d'arrosage) commence tout d'abord par s'infiltrer en remplissant tous les méats du sol et ses canaux capillaires. Le sol est alors à sa capacité maximum d'humidification. Il est dit saturé et est impropre à la végétation du cotonnier ; aussi ce passage doit-il être aussi bref que possible en raison des conséquences qu'il pourrait avoir sur la production au cas où il durerait trop longtemps. Cet état de saturation se prolonge par une infiltration progressive en profondeur, l'eau n'étant pas retenue par la porosité du sol (eau libre) mais uniquement par sa structure. On dit que le sol est ressuyé lorsque toute l'eau apportée est en équilibre physique. Le temps d'infiltration pour atteindre le ressuyage est sous la

dépendance de la nature du sol et du volume d'eau apporté (c'est le même phénomène pour des précipitations atmosphériques). Toutefois une quantité d'eau déterminée ne se répartit pas uniformément en profondeur mais humidifie uniquement le volume de sol qu'elle peut amener à sa capacité de rétention. Ceci est important à noter car dans l'économie de l'eau on a intérêt à n'humidifier le sol que jusqu'au niveau supposé du développement des racines.

Ces notions permettent de déterminer très simplement le volume d'eau nécessaire pour ramener une certaine tranche de sol à sa capacité de rétention. Pour cela il suffit de connaître :

- la capacité de rétention du sol ;
- l'humidité au moment du prélèvement qui, par différence avec le chiffre précédent, donnera le déficit d'humidité ;
- la densité du sol en place ;
- la profondeur à irriguer.

Ces liaisons directes entre le sol et l'eau conduisent à la détermination des volumes des irrigations, mais elles sont très générales et ne tiennent pas compte de la culture cotonnière et des connaissances que nous devons avoir sur les interactions plante-atmosphère et plante-sol.

BESOINS EN EAU DU COTONNIER

RELATIONS CLIMAT-PLANTE-SOL.

L'évapotranspiration potentielle climat (ETP-climat) est une donnée qui caractérise le climat d'une région et qui dépend de la température, du rayonnement solaire global, du vent et de l'humidité relative de l'air. Elle correspond à la demande maximale de l'atmosphère. Elle est calculée par les formules climatiques de Penman et Turc, entre autres. On la détermine par l'emploi de la cuve Colorado d'évaporation ou de la cuve d'évapotranspiration à gazon.

L'évapotranspiration culture (ETP-culture) est une notion qui détermine la somme de l'évaporation du sol et de la transpiration totale de la culture lorsque l'alimentation en eau n'est pas un facteur limitant de la production. On la calcule en utilisant les cuves d'évapotranspiration.

L'évapotranspiration réelle (ETR) d'une culture estime la quantité d'eau effectivement consommée. On l'évalue avec une assez grande précision par l'évolution de l'humidité du sol cultivé

aux différentes profondeurs atteintes par les racines. Le rendement est optimal lorsqu'il y a égalité entre ETP-culture et ETR.

Pour l'agronome dirigeant un programme d'irrigation cotonnière la connaissance ETP-climat est une information utile mais qui ne permet pas à elle seule de définir les besoins en eau du cotonnier. C'est ETP-culture qu'il est indispensable de connaître. Ainsi, par exemple au Mali, les besoins en eau du cotonnier (ETR) ont une évolution inverse de celle de ETP-climat (fig. 26).

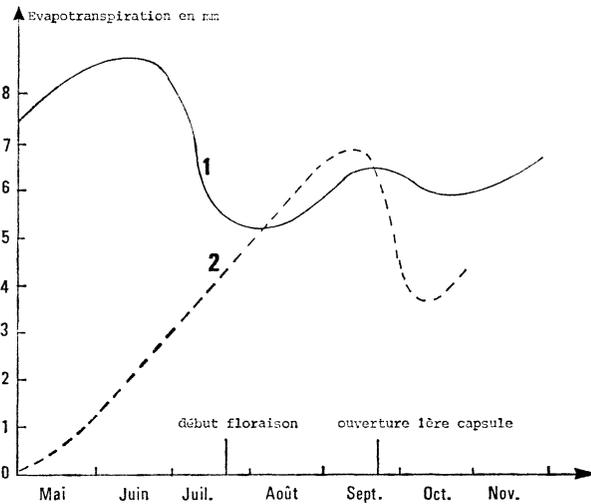


FIG. 26. — Évolutions comparées de ETP et ETR d'une culture de cotonnier (Mali 1964) : 1, ETP sur cuve gazon ; 2, ET réelle du cotonnier au champ.

Ces besoins de la culture, très faibles en début de végétation, augmentent très rapidement pour atteindre un sommet et s'y maintenir au maximum de la floraison et pour chuter ensuite très rapidement dès le début de la capsulaison.

Cette période d'intense besoin en eau est également mise en évidence (fig. 27) par le graphique représentant l'évolution du rapport entre ETR et ETP-gazon.

Dans les deux cas il y a un comportement dissemblable du cotonnier entre ce que l'on a observé et ce que l'on aurait pu calculer.

Et cela est encore plus vrai lorsque l'on compare des cultures ayant des dynamiques de croissance très différentes. Examinons, par exemple, les rapports des besoins en eau d'une culture cotonnière non fertilisée et d'une culture intensive avec engrais (fig. 28).

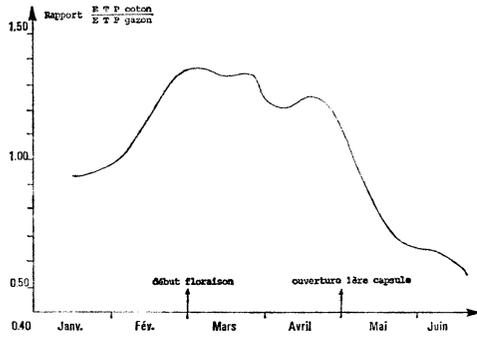


FIG. 27. — Évolution du rapport entre ETP et ETR à Tanandave (1965).

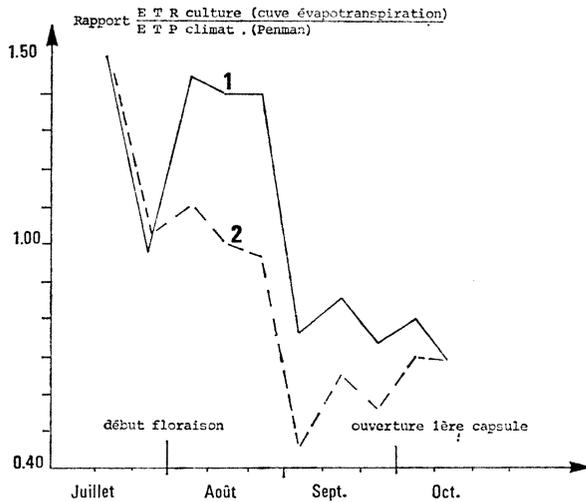


FIG. 28. — Variations comparées des besoins en eau de deux cultures cotonnières, fertilisée et non fertilisée : 1, coton fertilisé ; 2, coton, non fertilisé.

On observe une bonne similitude des variations des besoins en eau entre ces deux types de culture, mais surtout une très grande différence entre ceux-ci durant la période florale qui est celle de l'intense activité du cotonnier pour l'élaboration des graines et des fibres.

Il semble évident, et l'expérience l'a prouvé pour de nombreuses cultures, que l'impact d'une contrainte sur la croissance (la croissance s'entend par l'augmentation de la biomasse et non uniquement l'élongation de la tige principale) sera d'autant plus

marqué en valeur absolue que la vitesse de croissance sera plus élevée à ce moment là. Il est indispensable pour le cotonnier d'être particulièrement vigilant sur les besoins en eau durant la floraison, mais cette vigilance doit être encore plus soutenue lorsque l'on cherche à atteindre une production élevée par l'emploi des engrais qui favorisent la croissance. En d'autres termes une restriction d'alimentation en eau aura une répercussion plus accusée sur les cultures très améliorées que sur les autres.

BESOINS DE LA PLANTE, RYTHME VOLUME.

Il est généralement admis que l'eau du sol disponible pour les plantes correspond à l'intervalle d'humidité des pF 4,2 et pF 3. Cette notion ne présente que peu d'intérêt pour l'agronome car l'alimentation en eau n'est pas constante entre ces deux limites et varie suivant la nature du sol. En sol sableux la plante conserve ses possibilités d'absorption d'eau jusqu'à une limite souvent très proche du point de flétrissement irréversible, alors qu'en sols argileux la disponibilité en eau diminue très rapidement dès que l'on s'écarte de la capacité de rétention. Ceci a donc nécessité la définition d'une réserve d'eau facilement utilisable (RFU) pour chaque situation écologique par des limites supérieures et inférieures d'humidité du sol pour la profondeur de la terre qui participe à l'alimentation de la culture.

La limite supérieure d'humidité est naturellement celle déterminée par la capacité de rétention (CR) au champ qui correspond rarement au pF 3 établi en laboratoire. Cette valeur (CR) est plus exacte par la mesure de l'humidité du sol après une période pluvieuse ou encore derrière un ressuyage du sol succédant à une irrigation abondante. Cette capacité de rétention est liée à la constitution physique du sol. Elle varie de façon insignifiante pour un champ durant sa culture, mais elle peut prendre des valeurs différentes en fonction de la texture du sol. On peut établir dans des cas précis des relations chiffrées entre texture et CR, relations qui, une fois établies, permettent des estimations régionales rapides.

La limite inférieure d'humidité, celle à partir de laquelle un apport d'eau deviendra urgent, est plus difficile à établir car il est nécessaire de la relier au comportement du cotonnier. Alors que pour de nombreux végétaux la fermeture des stomates a été retenue pour fixer cette limite inférieure, pour le cotonnier ce critère ne peut être pris en considération, les stomates ne participant que peu au contrôle de la transpiration. Ils ne se ferment qu'à une turgescence de 75 % au moment où le cotonnier est complètement flétri, alors que ce flétrissement commence à une turgescence de 82 %.

En culture cotonnière c'est sous l'aspect particulier de la fructification que la détermination de la limite inférieure d'humidité pourra être établie. On remarque en effet que la première réaction de la plante à une alimentation hydrique insuffisante est une chute des jeunes capsules 8 à 10 jours environ après la floraison, cette chute s'associe d'ailleurs au tout premier flétrissement observé en milieu de journée. Il est, par conséquent, raisonnable d'irriguer dès les premiers signes de flétrissement observés au milieu de la journée. C'est à cette conclusion qu'arrivèrent presque tous les agronomes s'intéressant à l'irrigation du cotonnier.

Ces signes de flétrissement apparaissent dans des conditions très variées, la limite inférieure d'humidité sera d'autant plus vite atteinte que les forces de rétention du sol seront plus importantes (teneur en argile, porosité, structure); un climat aride à ETP élevé limitera également les possibilités d'utilisation de l'eau du sol et un enracinement superficiel aura le même effet.

Cette situation très complexe explique que l'on rencontre des valeurs très diverses pour la limite inférieure d'humidité du sol. Or, c'est un facteur très important car elle détermine le *rythme des irrigations*. Si deux irrigations successives sont trop rapprochées on risque d'augmenter la période de saturation des sols et les accidents végétatifs qui s'y rattachent et l'on peut constater des volumes d'eau trop abondants qui iront grossir la nappe phréatique avec tous les dangers qui peuvent survenir dans les zones à salure importante. Au Mali on a noté des accidents de

TABLEAU V

Volume d'eau utilisé pour les irrigations en mètres cubes par ha. à chaque arrosage

PÉRIODE D'ARROSAGE	MALI	ALGÉRIE	
		Ouest	Est
Avril.....	—	250	
Mai.....	—	350	
Juin.....	240	400	
Juillet.....	320	500	400
Août.....	360	600	600
Septembre.....	460	600	600
Octobre.....	540		
Volume total par ha.....	3 000 à 4 000	5 500 à 6 500	2 500 à 3 500

fructification à partir d'une teneur en eau égale à 80-85 % de la capacité de rétention du sol ; en Afrique du Nord (Algérie, Maroc), ces accidents n'apparaissent pas avant 70 % de la capacité de rétention.

Quant à la réserve d'eau facilement utilisable (RFU) définie par les limites supérieures et inférieures d'humidité, déterminée par l'expérience et la profondeur d'enracinement, elle variera d'un emplacement à un autre et en cours de culture pour un même lieu. Cette RFU permet de déterminer la succession des divers volumes d'irrigation à utiliser en cours de culture et représente un paramètre essentiel dans la conduite d'une culture.

A titre indicatif nous donnons dans le tableau V le volume des irrigations utilisées au Mali, en Algérie de l'Ouest (*G. barbadense*) et en irrigation de complément en Algérie de l'Est.

CONDUITE DES IRRIGATIONS

CARACTÉRISTIQUES DES CHAMPS.

Le rythme et la dose d'irrigation étant connus par l'évolution des réserves en eau facilement utilisables, il s'agit d'apporter aux cultures un volume d'eau bien précis dans les meilleures conditions d'uniformité.

Avant d'aborder le choix du mode d'irrigation, il faut envisager les caractéristiques du terrain contrôlant sa perméabilité réelle :

- nature du profil pédologique ;
- pente du terrain ;
- état structural de l'horizon de surface.

La nature du profil pédologique est une caractéristique naturelle sur laquelle nous avons peu de possibilités d'intervention. La mesure de la perméabilité du profil ne peut être réalisée qu'au champ, toute mesure au laboratoire donnant une information théorique de peu d'utilité pratique. Nous préférons des estimations obtenues au champ en suivant les déplacements des fronts d'eau de gravité par des profils hydriques successifs ou par des piezomètres. Ces mesures permettent d'apprécier la vitesse d'infiltration de l'eau soumise à la seule force de gravité lorsque la teneur en eau du sol dépasse sa capacité de rétention.

La pente du terrain peut être modifiée au cours de l'aménagement du réseau d'irrigation, mais dans des limites souvent restreintes pour éviter des coûts de planage trop élevés et des modifications, quelquefois dangereuses, des horizons de surface.

L'état structural de l'horizon de surface modifie très sensiblement la conduite d'une irrigation. Dans des sols à faible stabilité structurale nous avons pu observer qu'une irrigation effectuée après un travail superficiel du sol permettait un débit d'infiltration de 0,40 l/s sur 100 m de long alors qu'il était pratiquement nul avant ce travail.

La connaissance du débit d'infiltration et des facteurs qui le contrôlent permet d'orienter le mode d'irrigation vers la gravité ou l'aspersion et de définir pour chacun d'eux les paramètres d'exécution : débit, volume, longueur des raies ou surface par unité d'arrosage.

On a souvent tendance à définir les paramètres d'irrigation et les caractéristiques d'un réseau de drainage à partir des données climatiques et pédologiques intégrées dans des formules qui, nous venons de le voir, s'adaptent assez mal aux réalités pratiques. C'est le cas des formules climatiques pour l'estimation des besoins en eau du cotonnier ou des courbes de pF pour celle des réserves en eau utile du sol.

En raison des coûts élevés de la production cotonnière en culture irriguée nous devons avoir une connaissance très précise des conditions optimales d'exécution et seule une expérimentation pratique sur le terrain permet d'y accéder.

MODES D'IRRIGATION.

De très nombreux modes d'irrigation sont à la disposition des agriculteurs qui désirent augmenter leur potentiel productif.

Certains sont très anciens, d'autres plus modernes et de nombreux perfectionnements techniques sont apparus ces dernières décennies depuis l'utilisation des plastiques.

On peut distinguer plusieurs types d'irrigations suivant le mode de distribution d'eau :

- par submersion : cuvette billonnée ;
- par gravitation : par billon long ;
- par aspersion ;
- par capillarité : goutte à goutte.

Si l'on excepte le dernier, employé encore que très exceptionnellement et seulement expérimentalement pour le cotonnier, les trois autres modes sont utilisés dans des conditions très distinctes :

Irrigation par submersion : ce type d'irrigation est adopté dans de nombreux pays où les frais de nivellement des sols paraissent trop élevés pour la culture cotonnière. C'est le cas, entre autre, de l'Espagne, de l'Afrique du Nord et, dans certains

cas de l'Égypte. C'est ce que nous appelons la technique de l'irrigation en cuvette billonnée (photo 41).

La préparation parcellaire s'effectue en plusieurs phases. Tout d'abord, on billonne dans le sens général de la pente. Le terrain est ensuite divisé en planches par le traçage de canaux d'arrivée d'eau dont l'écartement est défini par les courbes de niveau. Enfin, à l'aide de houes spéciales, à la main, les planches sont divisées en cuvettes qui constituent les surfaces élémentaires d'irrigation. Celles-ci sont d'importance inégale car elles tiennent compte des irrégularités du terrain. A l'intérieur de celles-ci les billons sont égalisés pour permettre à l'eau de se répartir sur l'ensemble de la surface.

La cuvette billonnée permet l'utilisation de parcelles à relief souvent tourmenté, mais elle se révèle à l'usage très complexe et nécessite une main-d'œuvre importante de préparation et de mise en eau. L'inconvénient majeur est de ne pouvoir semer du coton à l'intérieur des canaux d'arrivée d'eau. Ceux-ci ayant une largeur de crête d'environ 2 m, alors que les billons ont une longueur de 5 à 10 m, c'est une surface de plus de 20 % qui est perdue pour la culture, bien que les travaux de préparation et d'entretien y soient cependant nécessaires. Par ailleurs cette technique ne permet pas de contrôler efficacement le volume d'eau utilisé à l'intérieur du champ en raison des irrégularités de pentes et de surfaces de chaque cuvette.

L'irrigation s'effectue suivant la technique schématisée (fig. 29).

Bien que les inconvénients soient nombreux cette technique est encore utilisée et permet la culture cotonnière dans des zones où elle serait abandonnée.

Irrigation par gravitation : c'est l'irrigation dite à la raie, en billons pouvant atteindre dans certains cas plusieurs centaines de mètres. Ce mode d'irrigation, au contraire du précédent, ne peut admettre un sol imparfaitement nivelé, tout au moins dans le sens d'écoulement de l'eau d'irrigation. On peut, par contre, s'accommoder de quelques inégalités dans le sens du canal d'arrivée et faire un nivellement « en touches de piano » si l'on désire réduire les frais de planage et éviter de trop grands déplacements de terre (photo 43).

Pour procéder à cette irrigation on devra avoir une connaissance parfaite de la pente et du coefficient d'infiltration du type de sol du champ afin de déterminer le débit utile d'eau à utiliser en tête de billon pour avoir une humidification régulière tout au long de celui-ci. Un débit trop fort risque de provoquer une érosion en début de billon et l'irrigation sera en outre insuffisante, le temps de mise en eau de cette raie étant trop court pour que l'infiltration

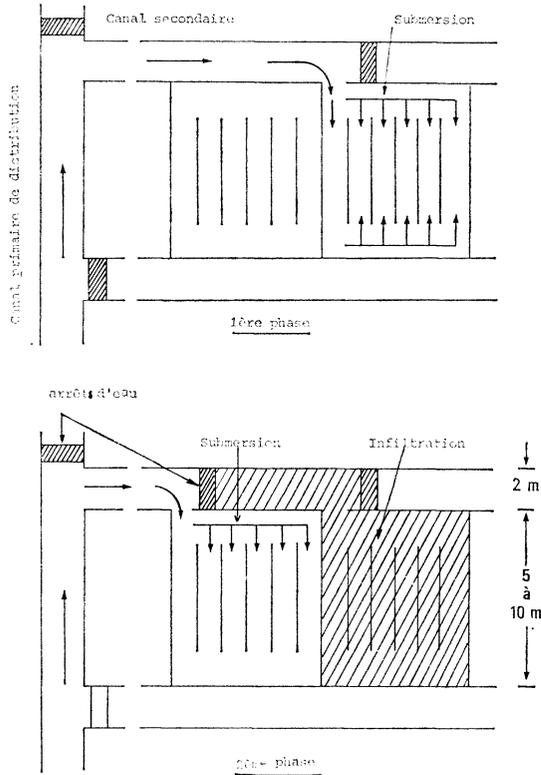


FIG. 29. — Schéma d'irrigation en cuvettes billonnées.

atteigne un niveau raisonnable dans le sol. Un débit d'eau trop faible ne permettra pas l'irrigation totale de la raie car l'écoulement de l'eau dans le sens de la pente s'arrêtera au point où l'infiltration équilibrera ce débit.

Les caractéristiques du sol connues (pente, infiltration), on utilise des siphons en plastique dont le débit est déterminé par leur diamètre et par la dénivellation qui existe entre la surface de l'eau du canal d'arrivée et celle du champ. Un contrôle pratique des données théoriques par des moyens simples est à conseiller avant de généraliser une installation : le débit en litres/seconde peut être calculé par l'intermédiaire d'un fût (200 l) en chronométrant son remplissage par un siphon ; l'irrigation elle-même peut être vérifiée en déterminant le profil hydrique après ressuyage en prélevant des échantillons de terre au long de la raie à diverses profondeurs (photo 42).

Irrigation par aspersion : elle consiste à distribuer sur le sol, par l'intermédiaire d'asperseurs, un volume d'eau très exactement calculé et d'une manière uniforme puisqu'elle simule la pluie.

Il n'est donc pas nécessaire d'avoir un terrain parfaitement nivelé pour ce mode d'irrigation, mais il est cependant indispensable que les accidents de terrain ne soient pas trop importants pour éviter les cuvettes d'accumulation d'eau et les inégalités d'humidification.

Comme pour l'irrigation à la raie, le contrôle pratique de l'irrigation par des moyens simples est à conseiller : pluviomètre ou tout récipient étalonné pour le calcul de la répartition de l'eau par asperseur et profils hydriques de la parcelle.

L'investissement en matériel est élevé pour ce mode d'irrigation mais il présente l'avantage de pouvoir être modifié et amélioré en cours de culture ; il est en outre mobile.

L'installation d'irrigation par aspersion pose un certain nombre de problèmes parmi lesquels celui du type d'appareil est le plus important pour l'agriculteur. Cette installation se compose de différents matériels destinés à prélever et refouler l'eau (rôle du groupe de pompage) à la distribuer (but des canalisations primaires secondaires ou tertiaires) et à la répartir sur une surface définie comme étant l'unité d'arrosage par l'intermédiaire des arroseurs ou asperseurs ou des canons d'arrosage. Tous les éléments peuvent être combinés de façons fort différentes suivant le type d'aspersion retenu d'après les besoins de l'exploitation et les caractéristiques de sol (pente, infiltration, réserve du sol). On peut envisager un type dit fixe lorsque le déplacement est impossible ou inutile au cours de l'arrosage ou de la campagne (rare pour le cotonnier), ou un type mobile lorsque les déplacements des positions d'asperseur sont nécessaires pour couvrir toute la surface à irriguer ; c'est généralement le cas pour le cotonnier (photos 44 et 45).

Les avantages de l'irrigation par aspersion sont nombreux :

— grande souplesse d'emploi et réseau non permanent désignant ce mode d'irrigation comme le seul possible en arrosage de complément dans les zones à pluviométries temporairement insuffisantes ;

— possibilités d'aspersion de faibles volumes d'eau (inférieurs à 200 m³) alors que les autres modes d'irrigation sont rarement utilisables en dessous de 400 m³/ha. Son emploi sera indiqué dans les cas de sol à réserve d'eau utile faible et à épuisement rapide, donc partout où la cadence d'aspersion est élevée.

La seule difficulté réside dans la parfaite synchronisation qui doit exister entre arrosage, donc lavage de la plante, et traite-

ment insecticide par pulvérisation ou poudrage. Le danger de la propagation de maladies, en particulier la bactériose, prend une importance moindre depuis l'emploi de variétés résistantes.

Irrigation par capillarité : ce type d'irrigation consiste à distribuer, par un système goutte à goutte, un débit constant d'eau destiné à remplacer l'eau d'évapotranspiration. Ce système, imaginé à l'origine pour les serres, les cultures maraîchères, tend à s'étendre à d'autres cultures « moins riches ». Des expériences sur le cotonnier sont encore en cours dans plusieurs pays, mais aucune application pratique ne permet d'en fixer les modalités d'emploi bien qu'il soit possible de les entrevoir dans un avenir d'autant plus proche que les difficultés d'approvisionnement en eau iront en grandissant dans le monde.

CHAPITRE VIII

DÉFENSE DES CULTURES

La culture cotonnière est très ancienne, comme nous l'avons vu dans la première partie de ce livre, mais elle s'est très largement répandue en Afrique au cours de la dernière décennie. Cette extension n'a été possible que par les améliorations techniques constantes dont elle a pu bénéficier de la part de la recherche. Ainsi les variétés de coton actuelles ont toutes un très haut potentiel de production et leurs caractéristiques sont particulièrement performantes.

Toutefois, à toute amélioration son revers, et l'on a pu observer partout que l'on ne modifie pas les espèces sans induire très souvent des accidents dans l'équilibre qui caractérise les relations plante-milieu environnant. La perturbation de cet équilibre provient des nouvelles relations entre la plante et les êtres vivants qui l'entoure (règnes animal, végétal, virus, mycoplasmes...). Nous verrons cependant que toutes les difficultés apparues ont pu être surmontées presque toujours mais avec un certain décalage il est vrai.

Mais la lutte contre tous les ravageurs et les agents pathogènes du cotonnier doit être opiniâtre et sans fin car aucun résultat n'est acquis définitivement, aucune méthode ne reste infaillible, même si elle l'a été pour un temps.

A. LES MALADIES DU COTONNIER *

Les causes naturelles et physiologiques qui affectent l'équilibre du cotonnier ayant été exposées par ailleurs nous ne traiterons que des maladies à caractère épidémique.

* Avec J. CAUQUIL et J. C. FOLLIN, phytopathologistes à l'I.R.C.T.

Les maladies du cotonnier sont nombreuses et variées et ont pour cause des bactéries, des champignons, des virus et des mycoplasmes.

Certains de ces organismes font partie de la flore associée au cotonnier et n'interviennent en tant que parasites que lorsque la plante est affaiblie. D'autres sont introduits par des vecteurs actifs (nématodes, insectes...) ou passifs (eau, vent, blessures diverses...). Quoi qu'il en soit, l'incidence de la maladie sera fonction du milieu et l'expression des dégâts pourra être très différente dans le temps et dans l'espace pour un même pathogène.

Enfin dans la dernière décennie, des maladies attribuées à des virus ou des mycoplasmes sont apparues.

FONTE DES SEMIS ET MALADIES DES PLANTULES

La fonte de semis et les maladies des plantules sont causées par un complexe d'organismes portés par la graine ou vivant dans le sol. Ils peuvent se manifester par des pourritures de graines, par des destructions de plantules, avant ou juste après la levée (damping-off), et par des pourritures de racines et du collet de plants plus âgés (soreshin).

La composition du complexe parasitaire varie selon les endroits et les conditions extérieures de température et d'humidité; on peut cependant classer ainsi les plus courants :

Parasites de préémergence

— portés par la graine

- *Colletotrichum gossypii* South
- *Fusarium* sp. (en particulier *F. monoliforme* S. et H.)

— habitants du sol

- *Pythium aphanidermatum* (Eds.) Fitz.
- *Pythium ultimum* Trow.
- *Rhizoctonia solani* Kühn
- *Macrophomina phaseoli* (Tassi) Goid.
- *Fusarium* sp. (en particulier *F. oxysporum* et *F. solani* S. et H.)

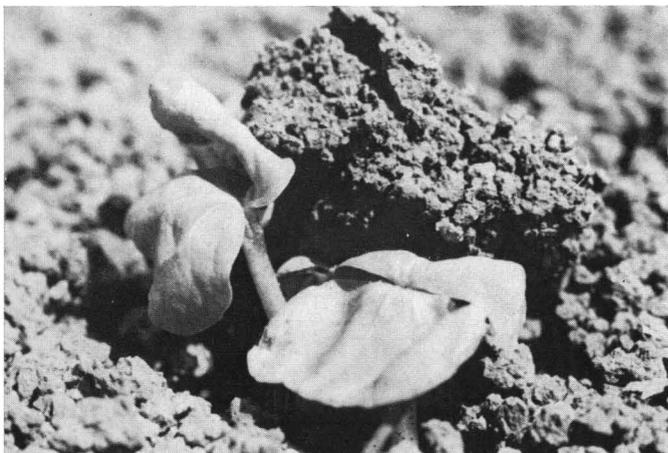
Parasites de post-émergence

— jeunes plantules

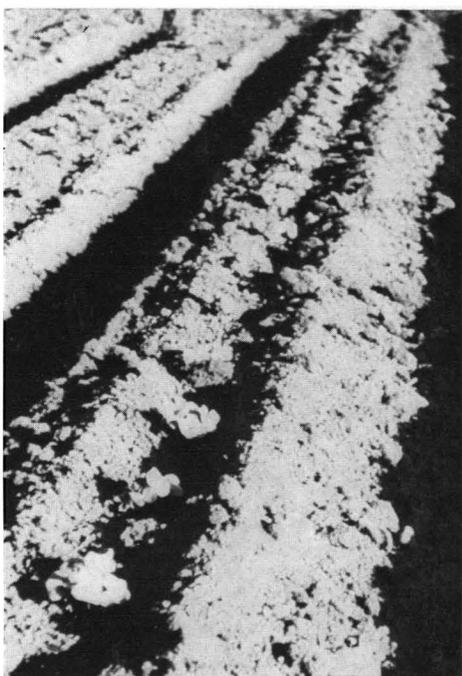
- C. gossypii*
- R. solani*
- M. phaseoli*

— plants plus âgés (jusqu'à 20 jours)

- R. solani*
- M. phaseoli*



PH. 23. — Sortie du sol difficile de la plantule en sol lourd.



PH. 24. — Semis en poquets sur billon (J. LE GALL).

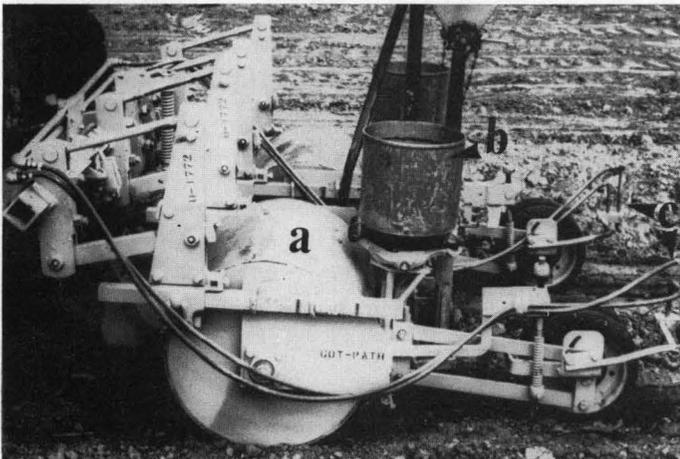
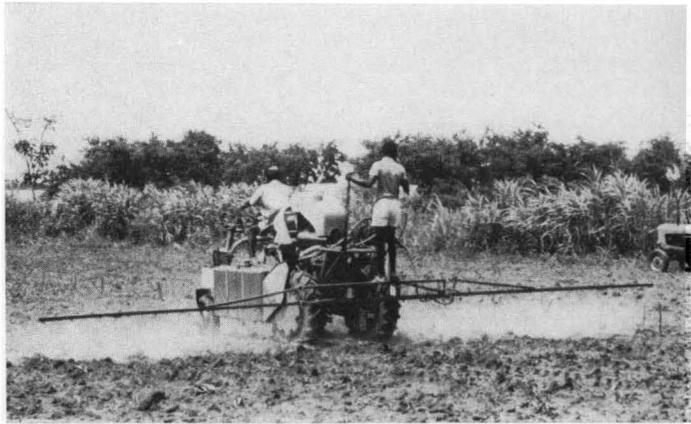


PH. 25. — Motoculteur BOUYER avec bineuse pour les besoins de petite exploitation (M. BRAUD).



PH. 26. — Culture cotonnière en courbes de niveau (I.R.C.T.).

PH. 27. — Traitement des sols avec des herbicides utilisés en pré-semis (I.R.C.T.).



PH. 28. — Semoir porté avec (a) rouleau tasseur, (b) réservoir à semence, (c) pulvérisateur d'herbicide sur la ligne (I.R.C.T.).

Certains de ces champignons sont réellement pathogènes (*R. solani*, *P. aphanidermatum*, *C. gossypii*), les autres (*Fusarium* sp., *M. phaseoli*) sont plutôt des parasites de faiblesse. Ce sont, mis à part *Colletotrichum gossypii*, des organismes polyphages.

Thielaviopsis basicola (Berk. et Br.) Ferr. est signalé dans certaines zones arides (États-Unis, U.R.S.S.). *Sclerotium rolfsii* Sacc. peut être important dans certaines zones tropicales après défrichement récent. En zone forestière il attaque la plantule à tous les stades.

Enfin, il faut signaler que les agents des trachéomycoses (*Fusarium oxysporum* Schlecht f. sp. *vasinfectum* (Atk.) S. et H., *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth) et de la bactériose (*Xanthomonas malvacearum* (E. F. Sm.) Dows.) sont également capables de provoquer la destruction des plantules.

SYMPTÔMES.

Les pertes avant la levée sont caractérisées par une pourriture molle des graines ou de la racicule. L'attaque à un stade plus avancé donne des plantules malingres, aux feuilles cotylédonnaires pâles, souvent détruites en quelques jours ; l'examen des racines et du collet révèle des lésions noires généralisées. Sur les plants plus âgés des lésions rouge sombre à brunes sont visibles en bas de tige, au collet, et sur la racine principale ; elles peuvent, dans certains cas, entourer complètement la tige et détruire le plant ; les plants survivants ont un développement retardé, une production plus faible et une plus grande sensibilité aux attaques ultérieures, parasitaires ou autres.

LUTTE.

L'emploi de semences de bonne qualité est un bon préalable car les organismes responsables sont très souvent des parasites de faiblesse. La lutte directe utilise la destruction des propagules sur la graine et la protection contre les champignons du sol. Les meilleurs résultats sur la désinfection des semences sont obtenus avec des mélanges d'acétate de chlorure de phénylmercure. Les fongicides du groupe des carbamates (thirame) et des phtalimides (captane) sont de bons remplaçants des organomercuriques.

La protection contre les champignons du sol s'effectue avec les mêmes produits lorsque l'on veut protéger les plantules très jeunes. Lorsque la protection doit être plus tardive (8 à 10 jours) on ajoute des produits particulièrement efficaces contre *R. solani*, principal pathogène, tels que le chloroneb ou le carboxine, mais de spectre d'action moins large. Ce sont des fongicides systémiques utilisables sur la graine ou le sol.

Il faut enfin souligner qu'un délitage à l'acide sulfurique favorise la levée en détruisant les organismes hébergés dans le duvet.

LA POURRITURE DES RACINES ET DU COLLET

Passé le stade de la plantule, les jeunes plantes (leur système racinaire et le collet) peuvent encore faire l'objet de graves dégâts pouvant aller jusqu'à la mort des cotonniers. Les plants atteints présentent des malformations, des nécroses du collet (collar-rot) ou des pourritures de racines (root-rot). Ces maladies se rattachent au groupe des pourridiés (photo 11).

Parmi plusieurs champignons responsables le seul dont l'importance économique soit réelle est *Phymatotrichum omnivorum*, mais il est géographiquement limité. *Thielaviopsis basicola* et surtout *Macrophomina phaseoli*, de répartition plus générale, provoquent rarement des dégâts importants. Les pourridiés à basidiomycètes (*Sclerotium*, *Fomes*, armillaire) ne se rencontrent que dans des conditions particulières.

SYMPTÔMES.

Le *Phymatotrichum omnivorum* (Shear) Dug : « Texas root-rot », « cotton root-rot » est un champignon très polyphage qui attaque près de 2 000 espèces parmi les dicotylédones uniquement. Il est limité aux sols argileux alcalins du sud-ouest des États-Unis et du nord du Mexique. Les attaques débutent à la mi-saison et se poursuivent jusqu'à la fin de la végétation. Des attaques sont visibles dès la première année de culture et les dégâts augmentent avec la répétition de la culture du coton sur une même sole.

Le parasite se signale souvent par la présence de cordonnets myceliens bruns sur les racines ; il entre au travers de l'écorce et pénètre dans le cylindre central provoquant rapidement le flétrissement. Une coupe longitudinale de la racine principale montre une coloration rouge des vaisseaux du bois. La contamination se fait de plant à plant provoquant dans la culture des taches plus ou moins régulières sur lesquelles tous les plants sont tués (photo 11).

Une limitation des dégâts est possible en utilisant des pratiques culturales adaptées :

- maintien d'un haut niveau de matière organique par enfouissement d'engrais vert et des résidus de récolte ;
- rotation avec des graminées (résistantes à la maladie) ;

- labour profond ;
- semis précoces.

Le *Thielaviopsis basicola* (Berk. et Br.) Ferr. : « Black root rot » sévit dans les zones arides des États-Unis, au Pérou et en U.R.S.S. Le parasite se signale en provoquant des flétrissements avec évolution en taches. Lorsque l'attaque a lieu sur jeunes plants les feuilles restent petites, vert pâle, en coupe avec les bords bruns à pourpres. Sur les plants plus âgés on observe un gonflement de la racine principale débutant au niveau du collet. Les tissus vasculaires sont noirs ou pourpres, la ligne de séparation entre tissus sains et tissus malades est nette.

Le *Macrophomina phaseoli* (Maubl.) Ash. est vraisemblablement responsable de plusieurs types de flétrissement. Aux États-Unis il provoque un pourridié typique : la croissance est retardée, les feuilles jaunissent, puis sèchent et le plant meurt. Les racines sont pourries, le cortex disparaît et il ne reste que des fibres corticales dissociées. Des lésions gris pâle peuvent s'étendre sur la tige plusieurs centimètres au-dessus du niveau du sol. Dans certains cas de petits sclérotés noirs y sont visibles. Ces dégâts ont aussi été décrits en Inde, en Grèce et en Égypte.

En Afrique centrale la maladie est plutôt du type chancre du collet. Une zone fortement nécrosée est visible au niveau du collet des plants flétris avec, parfois, au-dessous de cette zone, la repousse de racines. Au Zaïre cette maladie, appelée « Shimbu », paraît liée à la présence de cochenilles. En zone sahélienne, particulièrement au Tchad, Haute-Volta et Mali, ce champignon provoque un flétrissement progressif sans décoloration préalable des feuilles. Le plant, à l'arrachage, montre un collet gonflé et un système racinaire en partie détruit. Une coupe transversale permet de repérer les vaisseaux du bois colorés en rouge sombre jusque très haut dans la tige ; la partie sous écorce est noire. Il semble que l'on doive associer ce flétrissement à celui observé certaines années et attribué à l'origine à *Olpidiaster gossypii* Saccas. Bien que l'on ait souvent isolé le *M. phaseoli* des parties malades, les tentatives d'infection artificielle ont toujours été infructueuses.

Les Pourridiés à *Basidiomycètes* se rencontrent en Afrique centrale, en zone forestière, après défrichement récent ou après un buttage trop important. On observe des pourritures sur le collet et les racines entraînant la mort du plant. S'il s'agit de *Fomes lignosus* (Klot.) Bres. ou d'*Armillariella mellea* (Vahl.) Pat., le pivot est entouré d'une sorte de manchon formé par les débris de l'écorce et les filaments mycéliens du champignon. Lorsque *Sclerotium rolfsii* Sacc. est en cause un feutrage blanc, parfois parsemé de sclérotés brun clair, est visible sur les parties nécrosées.

Quant au *Rhizoctonia solani*, déjà responsable des maladies des plantules, il a été signalé également comme pathogène dans le flétrissement des plants adultes.

LES MALADIES VASCULAIRES

La fusariose et la verticilliose sont les deux maladies vasculaires, ou trachéomycoses, du cotonnier. Leur manifestation la plus évidente est le flétrissement (wilt) des plants provoqué par la colonisation des vaisseaux ligneux par les champignons responsables : *Fusarium oxysporum* Schlecht. f. sp. *vasinfectum* (Atk.) Snyder et Hansen et *Verticillium albo-atrum* Reinke et Berth. (= *V. dahliae* Kleb.). Bien que ces maladies puissent se rencontrer dans un même champ, la verticilliose se rencontre plutôt dans les sols lourds des pays ayant une saison froide et la fusariose dans les sols sableux (photo 46).

La verticilliose est importante dans le bassin méditerranéen, aux États-Unis, en U.R.S.S., en Tanzanie ; elle a été récemment signalée à Madagascar. La fusariose existe dans la plupart des grands pays cotonniers. En Afrique elle est présente au Soudan, en Égypte, en Tanzanie, Angola, Centrafrique et Zaïre, et absente d'Afrique de l'Ouest, du Cameroun et du Tchad.

SYMPTÔMES.

Les dommages de ces deux maladies sont très voisins. Les plants sont sensibles à tous les stades mais, dans les conditions naturelles, la verticilliose est plutôt une maladie de fin de cycle car elle est favorisée par l'approche de la saison froide.

Les cotonniers atteints de verticilliose sont le plus souvent dispersés. Le premier symptôme est le jaunissement des feuilles qui deviennent flasques pendant les périodes chaudes de la journée. En fin d'évolution la flaccidité est permanente et le pétiole se sépare aisément de la tige. Dans la phase ultime le méristème terminal est détruit, les feuilles sèchent et le plant meurt. On observe souvent une marbrure typique des feuilles avec des zones de décoloration se développant entre les nervures et au bord des limbes. Pour la fusariose cette décoloration est plus diffuse.

Une coupe oblique de la tige montre un brunissement des tissus ligneux. Dans le cas de la fusariose la coloration brune est continue et affecte également la partie immédiatement sous l'écorce. Dans le cas de la verticilliose les vaisseaux colorés sont groupés et donnent un aspect moucheté à la section, la partie sous l'écorce est plus rarement colorée. Pour les deux maladies

l'évolution est identique chez le jeune plant et l'issue est toujours fatale. L'évolution chez le plant adulte est plus rapide pour la fusariose et entraîne souvent la mort du plant. Dans le cas de la verticilliose le champignon coexiste parfois avec le plant toute la durée du cycle donnant un plant rabougri, très peu productif ; on peut observer des cas de guérison apparente. Dans les deux maladies des repousses sont parfois visibles à la partie inférieure des plants.

Ces distinctions, valables dans les cas typiques, n'ont cependant qu'une valeur théorique et, dans la réalité, il est souvent difficile de différencier l'une des maladies de l'autre. La certitude ne peut venir que de l'isolement du champignon pathogène.

BIOLOGIE.

Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum. C'est un parasite facultatif qui peut vivre dans le sol sous une forme saprophyte. Du point de vue parasitisme il n'est pas strictement inféodé au cotonnier et il a été signalé dans des conditions naturelles, sur plusieurs plantes cultivées ou spontanées : gombo (*Hibiscus esculentus*), tabac, soja, orge, *Cyperus esculentus* et *Malva paviflora*. En inoculation artificielle il peut infecter une cinquantaine d'espèces différentes. On pense qu'il a une grande facilité de survie et qu'il peut se multiplier en l'absence de culture de coton.

On distingue quatre races de virulence différente sur les diverses espèces de cotonnier (voir tableau VI).

TABLEAU VI

**Résistance d'espèces cultivées de *Gossypium*
aux différentes races de *Fusarium oxysporum f. sp. vasinfectum***

RACES	<i>G. arboreum</i> var. Rozi	<i>G. barbadense</i>		<i>G. hirsutum</i> var. Acala
		var. Ashmouni	var. Sahel	
américaine	R	S	S	S
égyptienne	S	R	S	R
indienne	S	R	R	R
soudanienne	S	S	S	R

R = résistante et S = sensible

Le parasite pénètre par l'extrémité des racines. On a constaté que la maladie était beaucoup plus intense lorsque existaient dans le sol des nématodes galligènes ou certaines nématodes libres. Le développement de la maladie est également favorisé par les sols acides, sableux, humides, de températures évoluant entre 24 et 32 °C.

Verticillium albo-atrum (= *Verticillium dahliae*). Ce champignon a une vie saprophytique très réduite dans le sol où il survit par l'intermédiaire de microsclerotes. Il n'existe pas de souche spécialisée par plante et ce champignon est capable d'infecter près de 400 espèces, presque exclusivement des dicotylédones. On observe cependant sur cotonnier des races d'agressivité différente. La plus agressive est la race T, dite « défoliante », susceptible d'attaquer toutes les espèces de *Gossypium*. Aucune variété de cotonnier upland n'est tolérante. Cette race existe aux U.S.A., en Amérique Centrale et peut-être en U.R.S.S. (race 2). La race la plus fréquemment rencontrée est du type SS4, dite « non défoliante » (race 1 en U.R.S.S.). On la trouve dans tous les pays où existe la verticilliose ; *Gossypium barbadense* possède vis-à-vis de cette race une bonne résistance. Entre ces deux extrêmes il existe des souches d'agressivité intermédiaire.

Le parasite pénètre par les racines. Une liaison avec les nématodes n'a pas été démontrée. Le champignon préfère les sols lourds et très humides et est favorisé par les périodes humides et froides en dessous de 20 °C. Il est généralement admis que le champignon ne se transmet pas par la graine.

LUTTE.

La Fusariose.

Un préalable à la lutte contre la fusariose est le contrôle de la distribution des graines de façon à éviter la dissémination de la maladie. Une lutte indirecte par action contre les nématodes (nématocides), ou rotation avec des plants n'entretenant pas les populations de *Meloïdogyne* (luzerne, maïs, sorgho, arachide, crotalaire), est parfois utile. Une lutte directe peut se faire par apport d'engrais potassique et surtout par l'utilisation de variétés résistantes.

La Verticilliose.

La lutte se fait surtout par des pratiques culturales adaptées. Il est souhaitable d'éviter la culture du coton plus de trois années successives en sol infecté. Des rotations comprenant des plantes

non-hôtes du *Verticillium* (céréales, luzerne, fenugrec) sont efficaces dans la limitation des dégâts. Dans le cas de culture irriguée, la période d'arrosage doit être étudiée de façon à limiter au maximum le refroidissement du sol. Enfin, l'enfouissement des résidus de récolte est à éviter dans les zones contaminées.

La lutte génétique est possible contre des races du type SS4 et il existe une certaine tolérance dans certaines variétés commerciales : Deltapine 55, Paymaster 909, Delcott 277, les Acala de Californie aux États-Unis, 108-F, Tashkent 1, 2 et 3 en U.R.S.S., Sahel en Iran. Le transfert de la résistance de *G. barbadense* à *G. hirsutum* a été tenté mais cette résistance ne se retrouve pas après la F1. Une résistance très forte existe chez *G. hirsutum* race *mexicanum*; la transmission de ce caractère au cotonnier de type upland a été réalisée en U.R.S.S.

Contre les souches T aucun *Gossypium* tétraploïde n'est résistant ni même tolérant et actuellement le seul mode de lutte réside dans les méthodes culturales et l'utilisation de certaines caractéristiques variétales permettant à un nombre plus important de plantes d'échapper aux attaques (par précocité par exemple).

LA BACTÉRIOSE

Il s'agit d'une maladie très répandue et causée par la bactérie *Xanthomonas malvacearum*. Elle attaque toutes les parties aériennes de la plante à différents stades de la végétation. Elle porte aussi des noms anglais qui désignent l'aspect de l'organe attaqué : angular leaf spot, black arm, bacterial boll rot. C'est l'une des maladies qui causent le plus de perte aux cultures cotonnières mondiales. Elle sévit essentiellement là où règne une certaine humidité durant la saison culturale par suite de la pluviosité ou de l'irrigation : les Amériques, l'U.R.S.S., l'Extrême-Orient et l'Afrique.

SYMPTÔMES.

Tous les organes aériens du cotonnier peuvent être atteints et présentent des symptômes distincts :

— sur plantule : celle-ci disparaît ; il y a fonte de semis et cette bactérie agit souvent en association avec divers champignons ;

— sur feuilles et bractées : on observe des macules limitées par les nervures du limbe avec un aspect huileux dans un premier stade et nécrotique par la suite (angular leaf spot) (photo 47).

Ces taches peuvent être réparties sur toute la surface de la feuille ou localisées le long des nervures principales ;

— sur tiges : on rencontre des lésions noires ou brun sombre évoluant en chancres localisés ou généralisés. Dans ce dernier cas ils provoquent leur dessèchement (black arm) ;

— sur capsules : des taches circulaires dépressives, de couleur vert pâle, puis noire, évoluent en pourriture interne molle. Le plus souvent la bactériose s'associe à de nombreux micro-organismes saprophytes.

Le stade de développement où se trouve le cotonnier au moment de l'attaque détermine l'intensité des dégâts. Lorsqu'elle a lieu de façon très précoce (2 à 3 semaines après le semis) la plante a une croissance d'abord ralentie puis, très souvent, arrêtée. Au début de la floraison (40 à 50 jours) le nombre d'organes fructifères est fortement réduit. Par la suite les attaques plus localisées sont de moindre importance.

BIOLOGIE DE L'AGENT CAUSAL.

La bactérie peut être transportée par la graine, soit dans son duvet, soit parfois à l'intérieur de l'embryon. Elle détermine une infection primaire qui se propage dans le champ avec l'aide du vent, de la pluie et des insectes (*Lygus*, *Dysdercus*). Le pathogène pénètre à l'intérieur des tissus du cotonnier par les stomates, les cicatrices pédonculaires, les sutures intercarpellaires et diverses blessures. Il possède différentes races, de virulence variée : 15 aux États-Unis, 2 en Inde, non déterminées en Afrique. Il peut atteindre les différentes espèces de cotonnier mais provoque toujours de graves dégâts sur *Gossypium barbadense*.

LUTTE.

La destruction par le feu des cotonniers en fin de cycle limite l'infection d'une année sur l'autre. Le délitage chimique des semences et leur désinfection avec des sels métalliques (organo-mercurique, cuivre) supprime l'infection des graines lorsqu'elle est externe et réduit l'importance de l'inoculum primaire.

La lutte indirecte par la création de variétés résistantes ou tolérantes est possible depuis la détermination des gènes de résistance. En Afrique sont utilisés : le gène B_{9L} , issu du groupe Allen et les gènes B_2 , B_3 venant du N'Kourala à partir desquels de nombreuses variétés résistantes ont été créées. Jusqu'à ce jour on n'a pas encore observé l'apparition de nouvelles races auxquelles les anciennes variétés résistantes seraient sensibles.

LES POURRITURES DE CAPSULES

Les pourritures de capsules se développent dans le cadre de deux biotopes différents. Le premier est représenté par une culture intensive, souvent mécanisée, et mise en place sur des sols riches en utilisant des quantités importantes d'engrais sous un climat pluvieux durant la phase de fructification du cotonnier. Cette humidité ambiante, associée à une croissance végétative excessive, favorise de nombreux micro-organismes qui se développent aux dépens des tissus carpellaires. Dans ce cas les insectes piqueurs peuvent ne jouer qu'un rôle effacé. Ce type de dégâts est fréquent dans certaines régions des U.S.A. et en Amérique Centrale (Guatemala, El Salvador, Nicaragua).

Le second biotope est une culture traditionnelle intervenant dans des pays tropicaux sur des sols de défrichement récent avec peu d'engrais. Les précipitations sont abondantes (plus de 1 000 mm par an) et débordent sur la période de capsulaison. La végétation boisée environnante entretient des populations de *Dysdercus* et autres punaises qui piquent les capsules et permettent la pénétration des micro-organismes. Ce faciès se retrouve dans l'Afrique Intertropicale, certaines régions d'Amérique du Sud et l'Asie du Sud-Est.

SYMPTÔMES.

Ce sont des destructions des tissus capsulaires par l'action séparée ou conjuguée de micro-organismes et d'insectes. En excluant les dégâts consécutifs à des perforations de larves de Lépidoptères, on considère comme étant du domaine des pourritures les dommages dus aux champignons et aux bactéries, avec ou sans prise de nourriture d'insectes piqueurs.

Les symptômes de maladie se répartissent en deux catégories très différentes. Dans la première la pourriture est visible de l'extérieur et les tissus du péricarpe sont nécrosés en taches plus ou moins étendues. Le plus souvent les attaques débutent le long d'une suture, à la base et au sommet du fruit. C'est une pourriture externe. Dans le cas d'une infection bactérienne la tache est oblongue et les tissus décomposés sont noirs avec un exsudat liquoreux. Dans le cas d'une lésion fongique la nécrose est circulaire, de coloration brune et souvent ornée de fructifications colorées.

Dans la seconde la pourriture n'est pas décelable de l'extérieur et la capsule paraît saine avant dehiscence. Ce type de maladie est désigné sous le terme de stigmatomycose. Cette pourriture

interne peut avoir plusieurs origines : une pénétration du fruit par la base avec remontée le long du placenta pour atteindre les ovules par le micropyle et enfin, par le canal des piqûres d'insectes une pénétration par l'apex du fruit ou les sutures carpellaires.

LES AGENTS RESPONSABLES.

Les micro-organismes jouant un rôle dans les pourritures de capsules sont des champignons et des bactéries. Les premiers sont plus nombreux et mieux connus. L'influence des seconds est souvent sous-estimée à la suite des difficultés d'isolement et d'identification. Les espèces sont nombreuses : plus de 130 espèces de champignons et une quinzaine de bactéries ont été identifiées. On peut les classer en 4 groupes :

- 1 - des agents pathogènes de la racine, de la tige, de la feuille et de la capsule du cotonnier : *Allernaria macrospora* (photo 48), *Ascochyta gossypii*, *Colletotrichum gossypii*, *Myrothecium roridum*, *Xanthomonas malvacearum* pour les plus courants ;
- 2 - des organismes polyphages rencontrés fréquemment sur les débris végétaux et qui peuvent croître également sur capsules de cotonnier : *Chaetonium globosum*, *Cladosporium herbarum*, *Fusarium sp.*, *Helminthosporium sp.*, *Pestalotia sp.* et diverses bactéries ;
- 3 - des éléments qui participent toujours aux pourritures de fruits ou d'organes de réserve sous climat tropical : *Aspergillus sp.*, *Botryodiplodia theobromae*, *Fusarium sp.*, *Penicillium sp.*, *Rhizopus nigricans* et de nombreuses bactéries ;
- 4 - dans le cas des Stigmatomycoses il s'agit de champignons directement introduits par les *Dysdercus* comme *Ashbya gossypii* et *Nematospora ashbya*.

LUTTE.

Les moyens de lutte sont orientés dans deux directions. La première consiste à limiter l'infection de la capsule et à réduire sa dissémination au champ par la destruction des cotonniers en fin de cycle, la désinfection des semences avec un fongicide-bactéricide, l'utilisation de variétés résistantes à la bactériose et la lutte chimique contre les insectes piqueurs. La pulvérisation de fongicides, de préférence endothérapeutiques, est une pratique coûteuse employée dans certains cas aux États-Unis d'Amérique.

Quant au second moyen de lutte il consiste à améliorer le biotope afin de diminuer l'incidence des pourritures sur la capsulaison. Dans le cas des croissances excessives (Amérique Centrale) on recherchera les techniques tendant à diminuer la taille du cotonnier : semis à faible densité, création de variétés à port réduit, utilisation d'engrais équilibrés à la dose optimale.

LES MALADIES DES FEUILLES

Ce sont des affections de moindre importance pouvant avoir une incidence économique dans certaines occasions seulement.

L'ALTERNARIOSE (photo 48).

Due à *Alternaria macrospora* ou *A. tenuis* elle provoque des macules foliaires en milieu humide. Les taches sont circulaires, de 0,5 à 1 cm de diamètre, brunes et bordées de pourpre, elles se nécrosent ensuite et provoquent la chute des feuilles. La croissance de la plante est perturbée. Ces organismes sont souvent présents dans les fontes de semis et les pourritures de capsules. Cette affection est fréquente dans les pays africains où elle peut provoquer des dégâts non négligeables.

LE FAUX MILDIOU (photo 14).

Provoqué par *Ramularia areola* (mildiou aréolé), il est connu en Afrique, en Amérique du Sud, en Inde, en Asie du Sud-Est, aux États-Unis*. C'est un parasite maculicole caractérisé par des taches de forme anguleuse et blanchâtre, limitées par les nervures sur la face inférieure du limbe. Lorsque l'attaque est sévère les macules sont coalescentes et deviennent nécrotiques brun rougeâtre dans un stade ultime ; elles provoquent la chute de feuilles.

La gravité de la maladie dépend de l'époque de l'apparition des premiers symptômes et de leur importance. A Madagascar, dans les plantations du Sud-Ouest, elle nécessite une à deux applications d'un fongicide systémique (benomyl) en début de cycle.

LES ROUILLES.

Puccinia stackmanii sévit aux États-Unis principalement et provoque de grands dégâts par temps humide. En Afrique *Phakospora gossypii* est assez commun mais sans incidence notable.

* Sous entendu d'Amérique du Nord, en général dans ce livre.

AUTRES CHAMPIGNONS MACULICOLES.

Ils sont nombreux mais ont rarement une action sur la production. Le plus souvent ils sont présents sur d'autres organes : racines, tiges, capsules et font partie de la flore mycologique associée au cotonnier : *Ascochyta gossypii*, *Cercospora gossypina* (*Mycosphaerella gossypina*), *Helminthosporium* sp., *Phyllosticta* sp.

Dans des conditions d'humidité élevée *Rhizoctonia solani* se développe sur les feuilles déterminant une détérioration du limbe tandis que filaments mycéliens et sclérotés recouvrent le tissu en voie de décomposition.

VIRUS ET MYCOPLASMES

Les maladies attribuées à des virus ou à des mycoplasmes sont connues depuis longtemps et ont pris une importance grandissante ces dernières années. Leur développement est presque toujours relié à un déséquilibre naturel dû, soit à la vulgarisation de cultivars particulièrement réceptifs, soit à la pullulation d'insectes vecteurs parfois favorisés par des programmes de protection insecticide mal compris.

LE LEAF CURL.

Le leaf curl a été reconnu pour la première fois en 1912 sur *Gossypium barbadense* au Nigeria, puis en 1924 au Soudan en culture irriguée. Les feuilles atteintes sont caractérisées par l'épaississement des nervures avec hypertrophie et pigmentation du parenchyme nervulaire. Les limbes subissent une frisolée (leaf curl) et le pétiole est allongé. Le cotonnier voit, par la suite, son port perturbé par raccourcissement des entre-nœuds et diminution du nombre d'organes fructifères.

Deux types de symptômes peuvent être distingués : l'un, ou « Small Vein Thickening » (SVT), est une maladie liée à *G. barbadense* dans laquelle les nervures secondaires du limbe sont touchées. Cette affection existe essentiellement en Afrique de l'Est et de l'Ouest où elle peut provoquer de graves dégâts. L'autre, ou « Main Vein Thickening » (MVT), atteint les 2 espèces *G. barbadense* et *G. hirsutum* et les nervures principales sont épaissies et obturées. L'importance économique est faible (Soudan, Afrique de l'Ouest et Tchad). Des symptômes de leaf curl sont observés sur de nombreuses plantes cultivées ou sauvages : Hibiscus, Abutilon, Altheae, Sida, Malva...

Le vecteur du leaf curl est le *Bemisia tabaci*. Au laboratoire la maladie est transmise au cotonnier sain à partir du cotonnier ou d'autres plantes hôtes exprimant des symptômes typiques. Elle peut se transmettre par greffage, mais ni par les graines, ni par le sol. La réinfection des cotonniers en début de cycle se fait grâce aux plantes-hôtes et aux repousses de cotonnier dans les champs de l'année précédente.

L'agent causal est un virus qui n'a pas encore été purifié ou identifié. Il est possible que les deux types de symptômes correspondent à deux virus distincts.

Les méthodes de lutte consistent à détruire les cotonniers après la récolte et à éliminer les plants malades en début de cycle. Le traitement du cotonnier par voie chimique permet de réduire la population du vecteur et l'incidence du virus sur la production.

La lutte contre cette virose par voie génétique a fait des progrès, même en l'absence de l'identification du virus. Certaines variétés sont résistantes, telles que Ishan AI, X 1730 A et Bar XL 1 en Afrique.

LA MOSAÏQUE.

La mosaïque a le même agent vecteur que le leaf curl : *Bemisia tabaci*. Elle est observée dans de nombreux pays africains sur *G. hirsutum* et a provoqué de sévères dégâts au Tchad sur la variété BJA 592 pendant la période 1969-1972. On a signalé aux États-Unis et en Amérique Centrale des affections similaires (leaf crumple, mosaïco) dans lesquelles *B. tabaci* est aussi impliqué.

Les symptômes varient selon la gravité de l'attaque. Sur feuille on distingue des taches chlorotiques plus ou moins grandes causées par la décoloration des nervures. Ces taches touchent des nervures d'autant plus importantes que la sévérité de l'infection croît. Lorsque les nervures principales sont atteintes il y a déformation du limbe par crispation. A ce stade le sommet du plant n'a pratiquement plus d'entre-nœud et le plus souvent les organes floraux sont stériles.

La mosaïque est certainement transmise au cotonnier par l'intermédiaire de plantes-hôtes. Malheureusement celles-ci sont mal connues en dehors de certains Sida. Le virus n'a été ni isolé, ni identifié ; il se transmet par greffage mais pas par graine. Il semble que les mosaïques d'Afrique soient très différentes de celles d'Amérique. Ainsi la variété BJA 592, très sensible en Afrique, s'est-elle révélée particulièrement résistante en Amérique Centrale.

Les techniques de lutte sont les mêmes que celles utilisées contre le leaf curl. Toutefois, sur le plan génétique, les caractères de résistance sont différents. Il existe de nombreux cultivars

tolérants en Afrique (HG 9, Y 1422, SR 1 F4) et en Amérique (Coker 310, Cedix).

LA MALADIE BLEUE.

La maladie bleue est signalée pour la première fois en 1949 en Centrafrique où, depuis les années 1967-1968, elle provoque des dégâts importants. Elle se retrouve dans les pays voisins : Tchad, Cameroun, Zaïre, ainsi qu'au Benin. Des symptômes similaires ont été décrits aux Philippines, en Thaïlande (leaf roll) et au Paraguay.

Les symptômes foliaires sont caractérisés par un enroulement du limbe vers la face inférieure, lié à une coloration vert sombre du parenchyme. Une infection précoce aboutit à une croissance ralentie du plant par raccourcissement des entre-nœuds tandis que les organes fructifères sont plus petits et moins nombreux (photo 12). On considère qu'une infection postérieure au 60^e jour après les semis n'a qu'une faible incidence sur la production.

Le puceron *Aphis gossypii* est le seul vecteur connu de cette affection qui est transmissible par greffe. La transmission par graine ou par le sol n'a jamais été obtenue.

Bien que l'agent pathogène n'ait pas encore été isolé ou identifié on attribue la maladie bleue à un virus.

Aucun végétal porteur de symptômes similaires à ceux du cotonnier n'a été observé et les expériences d'infection artificielle menées sur de nombreuses plantes cultivées ou sauvages n'ont pas permis de tirer de conclusions sur l'existence de plantes-hôtes. On admet que la maladie se transmet d'une saison agricole à l'autre par l'intermédiaire des repousses de cotonniers qui abritent de nombreux pucerons dès les premières pluies.

La lutte contre la maladie bleue consiste, tout d'abord, en mesures prophylactiques habituelles dont la plus importante est l'élimination des cotonniers en fin de cycle. La diminution des populations de pucerons est indispensable car on a constaté que la grande diffusion de cette maladie, à partir de 1967, a été liée à une forte pullulation d'*Aphis*, favorisée par l'emploi d'insecticides inadéquats. La lutte directe se limitera, en culture intensive, à un enrobage des semences avec un organophosphoré et à une à deux applications foliaires d'un aphicide en début de végétation (dimétoate, monocrotophos).

La résistance génétique est une voie de lutte utilisable puisqu'elle est connue depuis 1975 grâce aux variétés issues du croisement avec HAR, triple hybride *G. hirsutum* × *G. arboreum* × *G. raimondii*. Il existe d'autres variétés tolérantes que HAR, telles que SR 1 F4 et J 193 par exemple.

LA VIRESCENCE FLORALE.

Cette maladie qui se rattache au groupe des phyllodies s'observe en Côte-d'Ivoire (zone nord), au Mali (zone est) et en Haute-Volta où se trouve l'origine probable. Les déformations sont très spectaculaires : avec jaunissement puis nanisme des tiges et des feuilles, les bractées sont atteintes de gigantisme, la corolle est verte et les organes floraux internes prennent finalement l'aspect de feuilles minuscules (photo 13) et la stérilité est totale. Les bourgeons axillaires donnent naissance à des faisceaux de branches supplémentaires.

L'agent causal est un mycoplasme. Il est transmis par les Cicadellidés (*Orosius cellulosus*). La source d'inoculum serait, outre les cotonniers présents durant l'intercampagne, de nombreuses plantes-hôtes encore mal connues. La virescence se transmet facilement par greffage, mais la transmission mécanique n'a pas pu être réalisée avec succès.

La lutte est difficile car les applications précoces et systématiques d'insecticides contre le vecteur sont onéreuses. En outre il n'existe actuellement aucune variété reconnue comme résistante ou tolérante à la virescence du cotonnier.

LA FLAVESCENCE ET LA PSYLLOSE.

Ces deux affections, liées à la présence de mycoplasmes, sont sans grande incidence économique car très localisées.

La Flavescence se rencontre au Bénin (Parakou), en Côte-d'Ivoire, Centrafrique et au Mozambique sur des surfaces réduites. Les symptômes sont très caractéristiques : jaunissement des feuilles qui gardent une taille réduite et un pétiole de couleur rouge courbé en S. L'extrémité du plant est souvent rabougrie « bunchy top », la stérilité est totale. L'agent causal peut être transmis par greffage ; les observations indiquent que le vecteur serait une cochenille vivant dans le sol, voisine du genre *Margarodes*, se présentant comme une sorte de kyste, les espèces de cochenilles étant différentes suivant le pays.

La Psyllose a été étudiée au Zaïre il y a une trentaine d'années. Elle est commune au Mozambique et s'observe parfois aussi dans l'est de la Centrafrique. Les symptômes sont caractérisés par un rougissement de tous les organes aériens, une réduction de la taille des feuilles qui sont légèrement crispées avant abscission, et une absence totale d'organe fructifère (stérilité complète). Une Psyllide (*Paurocephala gossypii*) transmet la maladie ; l'agent causal serait un mycoplasme d'après des études récentes.

B. LES RAVAGEURS ANIMAUX DU COTONNIER *

Des animaux supérieurs (éléphants, singes, perroquets...) peuvent causer des dégâts dans les régions où la grande faune sauvage est encore abondante, mais ces dommages restent exceptionnels.

Les arthropodes (Insectes, Acariens, Myriapodes) menacent gravement partout les cultures cotonnières. Un inventaire mondial réalisé par Hargreaves en 1948 énumère 1326 espèces d'insectes vivant aux dépens du cotonnier, dont 480 pour l'Afrique tropicale ; 150 d'entre eux sont nuisibles pour la culture.

Le tribut payé aux ravageurs de toutes sortes est généralement très lourd, la protection phytosanitaire constitue un facteur d'amélioration important dans le bilan économique de la culture cotonnière.

D'après les relations entre les plantes et les insectes phytophages on rencontre sur le cotonnier :

— des monophages, au régime alimentaire très strict, pratiquement inféodés au genre botanique *Gossypium* ; c'est le cas de Lépidoptères tels que *Diparopsis* et *Pectinophora* ;

— des stenophages, moins stricts dans leur alimentation, inféodés à l'ordre des Malvales et à d'autres familles assez voisines ; citons *Dysdercus*, *Earias*... ;

— des polyphages, dont les plantes-hôtes appartiennent à beaucoup d'autres familles que celle du cotonnier : *Heliothis*, *Cryptophlebia*, *Spodoptera*, *Helopeltis*.

ORGANES ATTAQUÉS

GRAINES APRÈS LE SEMIS

Les fourmis moissonneuses transportent les graines dans leur silo ; les dégâts sont en général circonscrits à des plages circulaires autour des entrées des fourmilières. Les larves des insectes souterrains : taupins, Melolonthides, dévorent le contenu des graines.

* Avec J. LE GALL, entomologiste à l'I.R.C.T.

PLANTULES ET JEUNES COTONNIERS

Les jeunes plantules sont souvent dévorées par divers insectes polyphages soit souterrains : larves d'Elaterides, de Melolonthides, chenilles de Noctuelles, soit aériens, mais d'activité souvent nocturne : adultes de ténébrionides, adultes de *Pimelia*, d'*Opatrum*, etc ; les larves et les adultes d'orthoptères : grillons et sauterelles dévorent les tissus foliaires tendres et les myriapodes, tels que les iules, sectionnent les tiges et se nourrissent de jeunes cotonniers.

La désinsectisation des semences par un traitement au gaz insecticide ou à l'acide sulfurique est quelquefois pratiquée. Le traitement des semences par un produit mixte fongicide — bactéricide — insecticide est généralement appliqué pour lutter contre les champignons, les bactéries et les insectes du sol. L'amélioration résultant du traitement porte sur une meilleure densité de plantation des cotonniers, et donc moins de vides et de manquants, et aussi sur une meilleure croissance des cotonniers qui ne subissent pas des attaques souvent peu visibles au niveau des racines et du collet. En définitive une augmentation de la production est obtenue par ce traitement des semences. Une protection des jeunes plantules contre les Thrips et les Pucerons peut aussi être réalisée par l'apport, lors du semis, de certains insecticides à action de contact : organo-chlorés, ou à action systémique : organo-phosphorés et carbamates. Ces insecticides peuvent être mis en place, soit directement au contact des graines par enrobage préalable de celles-ci, soit par un épandage sur le sol à proximité du lit de semis. Une protection durant quatre semaines environ après la levée peut être obtenue par ce traitement au moment du semis

RACINES.

Au Nord-Ouest de Madagascar la présence de *Aphelenchoides* et de *Aphelenchus* a été décelée, tandis que *Scutellonema* a été signalé au Bénin, en République Centrafricaine et au Tanganika. En Égypte les *Meloidogyne* ont été étudiés et aux États-Unis leur importance économique dans le développement de la fusariose du cotonnier a été mise en évidence.

Les cochenilles souterraines voisines du genre *Margarodes* vivent aux dépens des racines qu'elles piquent pour y puiser la sève. Leur rôle probable de vecteur de mycoplasmes a été récemment montré par R. Delattre au Bénin, au Mozambique et en R.C.A.

Les destructions de racines par les termites, qui y creusent des galeries, peuvent être constatées sur des jeunes cotonniers : la plante se fane, se dessèche et meurt.

La larve de Coléoptère *Syagus* dévore les racines et peut causer le flétrissement du cotonnier.

TIGES ET FEUILLES.

Les *Thrips* peuvent s'établir très tôt en saison sur les jeunes bourgeons et à la face inférieure des feuilles ; leurs piqûres entraînent l'avortement des bourgeons et des troubles dans le développement de la plante. Les Ciccadellides du genre *Empoasca* sont parfois abondantes sous les jeunes feuilles et les déforment par leurs piqûres. Les Mirides des genres *Lygus*, *Campylomma*, *Creontiades*, *Megacoelum* vivent dans le bouquet foliaire terminal. Ils se nourrissent en piquant les jeunes tissus. Les cellules sont détruites et il y a déformations typiques du limbe.

Les Aleyrodides *Bemisia* vivent à la face inférieure des feuilles où les larves fixées enfoncent leurs stylets dans les cellules et injectent une salive toxique.

De nombreuses espèces de Lépidoptères : *Cosmophila*, *Anomis*, *Spodoptera*, *Sylepta*, entre autres dans l'ancien monde, *Alabama*, *Estigmene*, *Bucculatrix*, *Trichoplusia* dans les Amériques, ont des chenilles phyllophages.

Quelques Coléoptères, tels que *Podagrica*, se nourrissent, à l'état adulte, du feuillage. Les dégâts sur les variétés glandless peuvent prendre une certaine gravité.

En zone tropicale *Helopeltis* pique les tiges tendres des cotonniers ; ces piqûres se transforment en chancres de cicatrisation qui perturbent la circulation de la sève et causent une dessiccation des parties sommitales de la plante.

Les pucerons s'établissent en colonies parfois très denses sur les sommets des cotonniers.

Les cochenilles des genres *Ferrisia* et *Saissetia* sont parfois présentes ; les premières sur les tiges, les rameaux et les pétioles des feuilles où elles constituent des amas blancs, les secondes se fixent sur les tiges et secrètent des carapaces cireuses de protection.

Les grosses punaises : *Nezara*, *Anoplocnemis* piquent parfois les tiges qui se dessèchent.

Quelques Coléoptères, tels que les *Alcidodes*, rongent l'écorce de la tige en forme de gouttière circulaire ; par la suite la plante peut se rompre à ce niveau.

En général tous ces insectes piqueurs ou phyllophages ont une action sur la production en affaiblissant les plantes.

Dans les tiges âgées des cotonniers en fin de cycle évolutif il est fréquent de rencontrer des larves d'insectes, principalement de Coléoptères : Buprestides et de Lépidoptères : Cossides.

Les chenilles de certains Lépidoptères, principalement *Earias*, peuvent devenir des mineuses de tiges dans la partie supérieure de la plante (photo 52). La chenille fore une galerie descendante et l'extrémité du cotonnier se fane et se dessèche ; la végétation reprend au niveau de la partie écimée, avec un certain retard, par le développement des bourgeons axillaires.

En Amérique du Sud, plus particulièrement en Argentine, Brésil et Paraguay, *Eutinobothrus* (Broca de la tige) est un Coléoptère déprédateur du cotonnier des plus importants. Les larves rongent l'intérieur du tronc qui se rompt et la plante meurt. On a relevé jusqu'à 20 % de pieds parasités.

BOUTONS FLORAUX.

Dans le cas de destruction d'organes préfloraux par des ravageurs le phénomène de compensation est particulièrement efficace, aussi un nombre important de ces organes peut-il être détruit dans certains cas sans qu'une action dépressive soit répercutée sur la récolte. Il faut cependant que ni la précocité, ni le développement de la plante, ne soient un facteur déterminant du rendement.

Les mirides du feuillage, *Lygus*, etc., piquent aussi, pour se nourrir, les boutons floraux. Une chute de ces organes se produit en général à la suite des piqûres de ces insectes ; la présence de déjections de couleur jaune permet d'authentifier ce type de dommage.

Les chenilles des Lépidoptères *Heliothis*, *Diparopsis*, *Earias*, s'alimentent aux dépens des boutons floraux et la destruction de ces organes peut être très importante : une seule chenille âgée d'*Heliothis* peut dévorer cinq à six boutons floraux en une nuit.

La chenille de *Pectinophora* débute souvent sa vie active dans un bouton floral mais la présence de l'insecte n'empêche pas l'ouverture de la fleur.

Dans les Amériques l'*Anthonomus* du cotonnier cause des dégâts très importants : les adultes perforent les boutons pour se nourrir et pour y déposer leurs pontes ; les larves en dévorent l'intérieur.

FLEURS.

Les Coléoptères *Mylabris* à l'état adulte dévorent pistils et étamines ; l'incidence économique est réduite.

CAPSULES.

Les pertes de capsules sont souvent causées par les Lépidoptères dont les chenilles pénètrent dans les fruits du cotonnier pour se nourrir aux dépens des graines et des fibres en formation.

Les chenilles des Noctuides : *Heliothis*, *Diparopsis*, *Earias*, en Afrique et de *Sacadodes* en Amérique Centrale causent de très importants dommages sur les capsules jeunes mais aussi sur les fruits bien développés proches du début de la maturité. Les capsules jeunes tombent et les plus avancées en âge restent en place sur le cotonnier ; la perte se limite à une ou quelques loges ou bien atteint la totalité du fruit par l'action des pourritures secondaires qui se développent dans la capsule. La compensation de ces organes attaqués tardivement ne se fait pas et la production peut être anéantie. La présence de ces chenilles, qui sont de forte taille, est en général très facilement décelable et les dégâts nettement caractérisés.

Les chenilles du Tinéide *Pectinophora* et du Tortricide *Cryptophlebia* = *Argyroploce* s'alimentent principalement à partir des graines immatures. Elles pénètrent au stade néonate en forant un trou minuscule dans la paroi du fruit et peuvent effectuer leur développement complet dans une seule capsule. Leur présence est pratiquement indécélable par un examen de l'extérieur du fruit et seule l'ouverture de la capsule ou la présence du trou de la sortie de la chenille âgée autorise la caractérisation de l'attaque. La perte de récolte peut être très importante et parfois difficilement prévisible.

En Amérique l'Anthonome est un insecte très dangereux.

Les *Dysdercus* piquent les capsules, jeunes ou âgées, porte d'entrée aux pathogènes de la pourriture des capsules. Quelques dégâts, de faible amplitude, sont occasionnés par des chenilles de Lépidoptères des genres *Pyroderces* et *Mometa*. Les *Oxycarenus*,

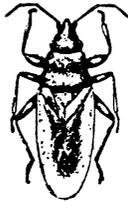


FIG. 30. — *Oxycarenus hyalinipennis* adulte (gros. $\times 8$).

souvent en forte population au moment des récoltes, altèrent les qualités de la graine et de la fibre.

Enfin les Aleurodes et les pucerons présents, parfois en grande abondance sur le cotonnier en fin de saison, excrètent un impor-

tant miellat qui souille les fibres et entrave les opérations d'égre-nage et de filature (étirage) par son effet collant. En outre on a remarqué que dans certaines conditions de températures et d'humidité ce miellat sert d'élément nutritif au mycelium de champignons courants. La fibre prend un aspect noirâtre (fumagine).

LES PRINCIPAUX RAVAGEURS

CLASSE DES ARACHNIDES : ordre des Acariens.

Famille des Tarsonemidae = *Hemitarsonemus latus*

Le développement des larves et adultes est favorisé par un régime à forte pluviosité étalée sur une période longue et à une hygrométrie élevée.

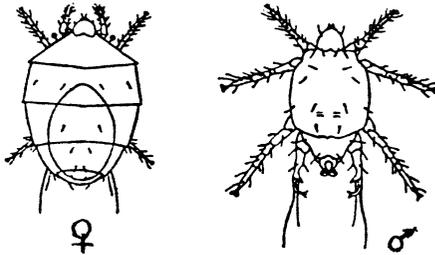


FIG. 31. — *Hemitarsonemus latus* fortement agrandis.

La répartition géographique de *H. latus* est très étendue : Afrique Centrale et de l'Ouest, Asie du Sud, Amérique du Nord, Centrale et du Sud. Le régime alimentaire est très varié et les représentants de 50 genres botaniques peuvent être utilisés comme plantes-hôtes. L'acarien est de très petite taille : 0,14 mm pour le mâle et 0,25 pour la femelle. La ponte est de 5 à 7 œufs par jour. Le cycle complet ne dure que 3,5 à 5 jours en climat tropical durant la période chaude et humide ; aussi la pullulation peut être rapide et les dommages considérables si les conditions favorables à l'acarien sont réalisées. Par leurs morsures des cellules de l'épiderme de la face inférieure des feuilles les larves et les adultes altèrent et détruisent les tissus foliaires ; au début de l'attaque le parenchyme montre un aspect glacé, brillant, la coloration tourne au vert foncé et la feuille tout entière se déforme : les

bords du limbe s'enroulent vers le bas et prennent un aspect festonné, la partie centrale, au lieu d'être relativement plane, se déforme en creux et bombements, puis des fissures, des fendillements et des déchirures apparaissent (photo 49). La feuille, d'aspect huileux, cireux, devient brun foncé le long des nervures de la face inférieure et ces nervures prennent un relief important. Ce sont les symptômes de « l'acariose ». La fonction chlorophyllienne est entravée : les cotonniers prennent une allure chétive et les organes floraux et fructifères, mal alimentés, dépérissent et tombent.

Ces dégâts importants au cours de la période de la culture extensive sans traitement insecticide ont été ramenés à un niveau très bas durant de nombreuses années par l'utilisation d'insecticides possédant aussi une bonne efficacité acaricide : endrine, endosulfan... Au cours des toutes dernières années l'expérimentation puis l'utilisation des pyréthrinoïdes de synthèse : décaméthrine, fenvalérate, cyperméthrine, perméthrine, qui ne sont pas acaricides, ont montré que le problème de *Tarsonemus* peut prendre une importance notable et causer de sérieux dégâts. Aussi actuellement la lutte contre les acariens nécessite l'association de produits acaricides : dicofol, diméthoate, dialiphos, etc., aux pyréthrinoïdes.

Les techniques culturales : dates de semis et bon ensoleillement des cultures (réduction des arbres d'ombrage, des arbustes et des mauvaises herbes) doivent être la base d'une lutte efficace contre *Hemitarsonemus*.

Famille des Tetranychidae = Tetranychus

De nombreuses espèces de Tétranyques (« araignées rouges-tisserands ») ont été signalées sur le cotonnier et leur détermination précise est souvent délicate. Leur répartition géographique est très étendue et en général chaque espèce a de nombreuses plantes-hôtes.

Les larves et les adultes vivent à la face inférieure des feuilles principalement le long des nervures primaires ; ils attaquent l'épiderme avec leurs stylets et désorganisent les tissus foliaires. La face supérieure de la feuille montre des taches claires, jaunâtres puis rouges disposées dans le sens des grosses nervures. La feuille, mais aussi la plante tout entière si la pullulation de l'acarien est importante, est bientôt recouverte d'une fine toile d'araignée sous laquelle se déplacent les acariens. Les feuilles se dessèchent et tombent ; les organes fructifères peuvent subir le même sort ou bien sont d'une vigueur nettement diminuée (photo 50). La perte de récolte peut être totale, car les Tétranyques peuvent causer la

mort de la plante (cas des cultures de cotonnier Upland en Afrique du Nord) ou partielle selon l'époque et l'importance de l'attaque.

Les pullulations de Tétranyques sont favorisées par les climats secs et chauds ; une pluie, ou une hygrométrie élevée, constitue un handicap à leur développement. Les femelles sont de plus grande taille que les mâles : 0,4 mm environ contre 0,3 mm pour les mâles et sont plus visibles car de teinte souvent rouge (araignées rouges). Le cycle de développement dure en moyenne une dizaine de jours et de nombreuses générations se succèdent rapidement : avec une ponte de 150 œufs environ par femelle la pullulation peut donc être très rapide et très forte.

De nombreux prédateurs vivent aux dépens des colonies de Tétranyques, ce sont soit des acariens : Phytoseides, soit des insectes : Anthocorides, Thysanoptères, Coléoptères, Hémérobes.

L'usage d'insecticides détruisant cette faune auxiliaire a souvent entraîné la recrudescence des pullulations de Tétranyques dans de nombreuses cultures. Dans la lutte contre les Tétranyques cet aspect est à prendre en considération en premier lieu et des insecticides tels que DDT, le carbaryl, les pyréthrinoïdes sont à éviter dans les situations favorables au développement de l'acarien. L'acquisition de résistances à des familles d'insecticides est aussi souvent constatée chez les acariens et beaucoup de produits ont perdu une efficacité reconnue il y a quelques années, Endrine par exemple. Ceci nécessite des changements dans la gamme des produits utilisés et le recours à des acaricides tels que Azinphos, dicofol, diméthoate, tétradifon, etc.

De nombreuses formulations à caractère acaricide sont périodiquement mises sur le marché et ces produits sont soit adulticides, soit larvicides, soit ovicides ; le régime de traitement doit être adapté à ces propriétés (répétition du traitement pour les produits ovicides tels que le tétradifon). Le recours aux produits systémiques ou endothérapiques peut apporter une bonne solution dans la lutte contre les acariens (demeton, diméthoate, vamidothion).

CLASSE DES MYRIAPODES : ORDRE DES DIPLOPODES.

Appelés communément « mille pattes » ils sont fréquents en début de saison humide et souvent abondants. Ils sont surtout nombreux dans les terres légères car ils s'accommodent mal des terres lourdes. On les rencontre dans toutes les zones cotonnières du monde où les dégâts sont très variés. En Afrique les espèces les plus nuisibles se rencontrent dans les genres *Peridontopyge* et *Tibiomus*. Ils sont le plus souvent de couleur sombre avec alternance de zones plus claires. Leur taille varie de 2 à 8 cm de

long pour une section transversale ronde allant jusqu'à 1 cm de diamètre.

Les Diplopodes attaquent les semences en terre : avant germination ils évident la graine, ensuite ils rongent les jeunes plantules pour se nourrir des cotylédons et de la tigelle. Cette attaque se localise dans le temps jusqu'au développement de quatre feuilles vraies environ.

Les attaques graves n'ont souvent qu'un caractère local mais les destructions peuvent être suffisamment importantes pour nécessiter un resemis des zones atteintes. Le traitement mixte des semences (insecticide-fongicide) est assez efficace avec divers produits : HCH, dieldrine, endrine, par leur action répulsive et toxique.

CLASSE DES INSECTES

— ORDRE DES THYSANOPTÈRES : *les Thrips.*

Ces insectes possèdent une vaste distribution quasi cosmopolite.

Ces insectes de très petite taille, 1 mm de longueur totale pour les adultes, sont difficiles à voir mais sont bien caractérisés par leurs ailes composées de lames chitineuses frangées de longues soies. Des invasions par vols massifs sont habituelles dans certaines régions, principalement à la période des semis et les attaques portent surtout sur les plantules. Les dommages aux cotonniers sont causés par les adultes et les formes larvaires qui piquent les tissus tendres de la plante. La salive injectée et la destruction qui s'ensuit des cellules ou des méristèmes causent des dommages caractéristiques : petites plages argentées, brillantes à la face inférieure des feuilles, déformation des tiges avec forte élongation, arrêt de développement du bourgeon terminal et départ de bourgeons axillaires. La plante est retardée dans sa croissance et la récolte est réduite. Les insectes responsables des dommages sont visibles à la face inférieure des feuilles et entre les jeunes feuilles du sommet de la plante ; la présence d'excréments noirâtres, dispersés sur les organes attaqués, caractérise aussi la présence des Thrips.

Le *Thrips tabaci* est très souvent cité mais il est probable que d'autres espèces sont confondues avec lui. Il est très polyphage et il constitue également un vecteur de virus s'attaquant à de nombreuses autres plantes cultivées (tabac, ananas, tomates).

Les genres *Frankliniella* et *Hercothrips* se rencontrent en Amérique, *Frankliniella schultzei* en Afrique, Asie et Madagascar. On a signalé *Caliothrips* en culture irriguée au Mali.

Le recours aux produits d'enrobage de la graine et aux insecticides systémiques assure une bonne protection durant les quarante premiers jours de vie du cotonnier dans les régions où les attaques sont coutumières. En enrobage on utilise disulfoton, phorate et aldicarbe, en pulvérisations azinphos, monocrotophos et toxaphène.

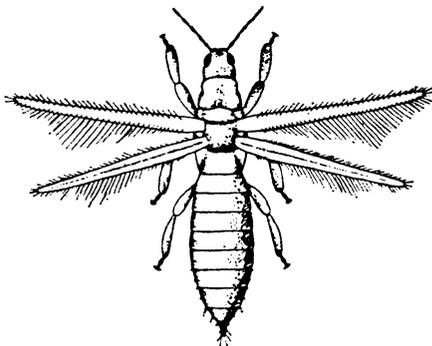


FIG. 32. — *Frankliniella* sp. ; adulte (gros-sissement 20 fois environ).

ORDRE DES HOMOPTÈRES.

Famille des Typhlocybidae = *Empoasca*

Les Jassides du cotonnier ont une très large aire de distribution. *E. facialis*, *E. lybica* et *E. decipiens* sont les trois espèces les plus fréquentes en Afrique, au sud du Sahara et dans le Bassin méditerranéen ; *E. devastans* (= *Amrasca devastans*) en Asie : Inde, Pakistan, Extrême-Orient ; *E. filamenta* et *E. gossypii* s'étendent du Brésil aux U.S.A.

De nombreuses plantes-hôtes peuvent héberger les espèces nuisibles au cotonnier : malvacées sauvages, arachide, ricin, solanées cultivées comme légumes, etc., et des migrations d'adultes ailés sont habituelles.

Les œufs sont insérés à l'intérieur des tissus du pétiole et des nervures de la face inférieure de la feuille et sont donc très peu visibles.

Les larves sont mobiles dès l'éclosion et se déplacent selon des trajectoires obliques sur la face inférieure des feuilles. Ce comportement ambulatoire est caractéristique des larves d'*Empoasca*. De couleur vert pâle à jaune verdâtre la larve passe

par cinq stades et atteint une taille de 2 mm de long en 14 à 18 jours.

Les adultes se déplacent activement. Leur aspect général est celui d'une très petite cigale de 2,5 à 3 mm de long, vert jaunâtre à gris pâle. Ils vivent de préférence à la face inférieure des jeunes feuilles. Les dépouilles de mue sont habituellement bien visibles à la face inférieure des feuilles âgées.

Les larves et les adultes se nourrissent de la sève qu'ils prélèvent à l'aide de leurs stylets enfoncés dans les nervures ou le parenchyme des feuilles. Les piqûres déterminent un jaunissement puis un rougissement des tissus de la feuille. Cette décoloration débute par les bords de la feuille qui dans le même temps s'incurvent et s'enroulent vers le bas.

Le choix de variétés résistantes (pileuses) est la première méthode de lutte. La lutte chimique ne présente pas de réelles difficultés, les insectes de cette famille étant relativement sensibles aux produits agissant par contact : DDT, HCH, endosulfan, méthylparathion, monocrotophos en formulation simple, binaire ou ternaire.

En général une seule application durant la phase précédant la floraison suffit à ramener les populations à un seuil de nuisibilité acceptable.

Famille des Cicadellidae

Orosius cellulosus, de répartition très large, peut avoir une incidence économique non négligeable dans les zones où il est le vecteur de la virescence du cotonnier, par exemple Haute-Volta et Côte-d'Ivoire.

Famille des Psyllidae = *Paurocephala gossypii*

La présence du Psylle du cotonnier a été signalée au Zaïre, aussi bien au sud qu'au nord de l'Équateur, en République Centrafricaine près du fleuve Oubangui, au Malawi, au Mozambique...

L'insecte vit en colonies réduites à la face inférieure des feuilles et se nourrit en piquant les tissus foliaires. Les dégâts directs sont faibles mais ce Psylle est le vecteur présumé d'une maladie qui serait due à un mycoplasme.

Superfamille des Aleyrodidae = *Bemisia tabaci*

Bemisia, ainsi que de nombreux genres proches, est cosmopolite.

Les adultes sont mobiles et effectuent des vols sur de faibles distances : les ailes sont de couleur blanche, couvertes d'une substance poudreuse et l'insecte est couramment appelé « mouche blanche ». Les larves sont mobiles au premier stade, mais aux stades suivants vivent fixées ; elles se nourrissent en implantant leurs stylets dans les cellules. Les larves et les pupes ont l'aspect de petits boucliers clairs et, parfois en très grand nombre, tapissent la face inférieure des feuilles et les jeunes organes floraux de la plante-hôte.

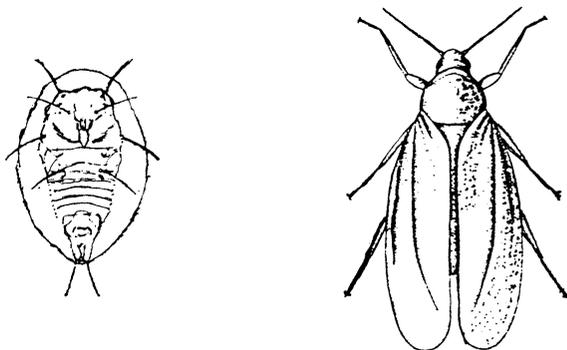


FIG. 33. — *Bemisia tabaci*, larve et adulte fortement agrandis (environ 100).

L'Aleurode du cotonnier est polyphage et en fin de saison il peut constituer des peuplements très abondants sur les cotonniers. *Bemisia tabaci* est le vecteur habituel de la mosaïque et du « leaf curl » du cotonnier, maladies à virus très graves dans certaines zones cotonnières. En outre la présence de son miellat sur la fibre pose de sérieux problèmes à l'égrenage et à la filature.

La lutte par l'utilisation des insecticides systémiques du type diméthoate ou monocrotophos est encore généralement possible en Afrique car l'insecte ne présente pas de caractère de résistance.

Famille des Aphididae = Pucerons

L'espèce *Aphis gossypii* est très fréquemment signalée sur le cotonnier et a une distribution mondiale.

L'adulte aptère mesure de 1,2 à 2 mm de long et la coloration des individus varie du vert clair dans les jeunes colonies au vert foncé pour les éléments âgés ; la coloration des antennes est jaune pâle. Les larves et les adultes piquent les tissus tendres de la plante et aspirent la sève ; les feuilles se déforment, la plante manque de vigueur, la croissance est ralentie, la récolte retardée

et la production diminue. Outre cette action directe les pucerons sont les vecteurs principaux de la « maladie bleue » du cotonnier, maladie à virus économiquement importante dans un certain nombre de pays : République Centrafricaine, Tchad, Thaïlande.

Les pullulations tardives se situent à l'époque de l'ouverture des capsules et ont peu d'effet direct sur la production. Par contre le miellat excrété par le puceron a des effets identiques à celui rejeté par *Bemisia*.

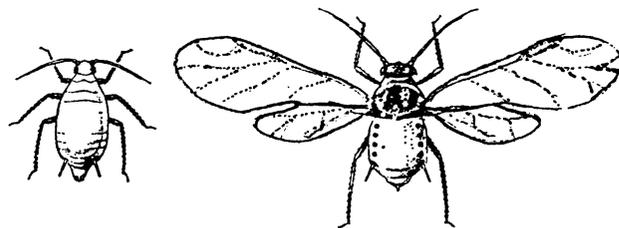


FIG. 34. — *Aphis gossypii*, adultes agrandis 10 fois environ ; à gauche, femelle aptère.

Les pullulations de pucerons sont naturellement freinées par une faune nombreuse et variée de prédateurs (coccinelles, syrphes, chrysopes, hemerobes, etc.) et de parasites (Microhyménoptères de la famille des Aphidiides). La préservation de ces auxiliaires est à rechercher. Le rôle bénéfique d'un binage qui détruit les pucerons de la flore adventice permet aux prédateurs de se développer aux dépens des *Aphis* du cotonnier. Le diméthoate reste le type des produits de lutte.

Famille des Coccidae

De nombreuses cochenilles sont responsables d'affaiblissement de la plante et de production d'exsudats : *Ferrisia*, *Icerya*, *Pulvinaria*, *Coccus*, *Saissetia*. Les dégâts ne prennent jamais une très grande importance sur la production à l'heure actuelle, mais ils peuvent provoquer des gênes sérieuses dans la commercialisation (miellats).

ORDRE DES HEMIPTÈRES.

Famille des Miridae = *Helopeltis*

Les larves sont bariolées de rouge et d'orange. Les adultes femelles jeunes et les mâles sont de couleur orangée, les femelles

fécondées sont rouge vif. Les antennes sont noires et le sommet de la tête et les élytres portent des zones colorées en noir brillant. Le thorax porte une épine longue et recourbée vers l'arrière.

H. schoutedeni est l'espèce vivant en Afrique sur le cotonnier dans les régions à galeries forestières car l'insecte est polyphage et se développe sur de nombreux arbres et arbustes d'où il migre localement sur les cotonniers. Les adultes (de 8 à 12 mm de long) et les larves s'alimentent en piquant les tissus tendres des plantes :

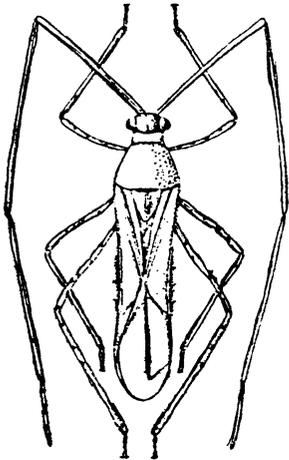


FIG. 35. — *Helopeltis schoutedeni* adulte agrandi 5 fois environ.

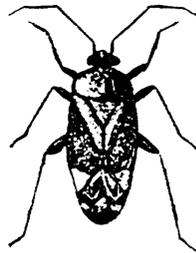


FIG. 36. — *Lygus vosseleri* adulte agrandi environ 5 fois.

jeunes tiges, pétioles des feuilles et jeunes capsules. Les cellules sont tuées par la salive toxique de l'insecte et une nécrose se développe au niveau de la zone attaquée. Par la suite, avec la croissance de la plante, de véritables chancres craquelés, de couleur noirâtre, se manifestent et le développement du cotonnier peut être très perturbé. Sur les capsules les points de piqûres se transforment en zones chancreuses.

Sur *G. barbadense* les altérations des tiges peuvent entraîner un arrêt total du développement de la plante ; sur *G. hirsutum* les dommages sont plus restreints.

Les Mirides *Lygus*, *Creontiades*, *Campylomma*, *Megacoelum*, *Eurystilus* de la faune africaine, *Lygus* et *Psallus* de l'Amérique sont de faible taille (5 mm environ) ; les larves et adultes se nourrissent en piquant les tissus tendres de la partie sommitale du cotonnier. Les cellules atteintes lors de la piqûre se dessèchent et meurent. Les taches brunes ainsi produites constituent des plages nécrosées et la feuille à complet développement présente des perforations ou des déchirures cicatrisées typiques. En cas de

forte attaque, le cotonnier se développe en hauteur et devient « filant », la fructification est perturbée, retardée et très diminuée.

Ces insectes sont très sensibles aux insecticides chimiques et leur suppression est généralement réalisée lors du premier traitement contre d'autres ravageurs. Il est très rare que la migration importante des mirides, à partir d'autres plantes spontanées ou cultivées, nécessite une intervention insecticide spéciale.

Famille des Pyrrhocoridae = *Dysdercus*

Ce sont des punaises de forte taille (10-15 mm), de couleur générale rouge, diversement tachées de noir suivant les espèces. Elles sont connues dans la plupart des zones cotonnières du monde.

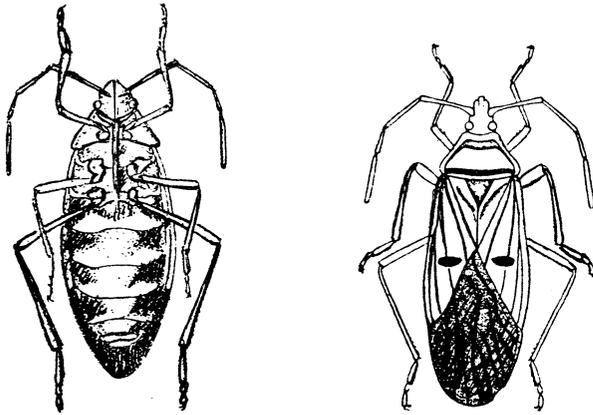


FIG. 37. — *Dysdercus voelkeri*, adulte faces ventrale et dorsale, grossissement 4 environ.

De nombreuses espèces attaquent le cotonnier et provoquent sur les capsules des dégâts directs, mais aussi des dégâts indirects en introduisant, par leurs piqûres, champignons et bactéries sources de pourriture interne de la capsule. *D. voelkeri* est l'espèce la plus répandue en Afrique, non seulement sur cotonnier, mais sur de nombreuses plantes de la flore spontanée.

C'est un insecte dont la présence en grand nombre sur le cotonnier est à la source d'une chute de la production, mais surtout d'une forte dépréciation de la récolte par la présence de coton jaune et de loges où les fibres sont agglutinées par l'action d'éléments pathogènes. Ces loges sont souvent dénommées « quartier d'orange » en raison de l'aspect qu'elles prennent à la récolte.

Ce coton est de très faible valeur commerciale, voire nulle si l'attaque des fibres est trop avancée.

Les insecticides organochlorés, organophosphorés et les carbamates sont actifs sur les *Dysdercus*.

Famille des Pentatomidae = *Nezara viridula*

Cette grosse punaise verte (14-17 mm) est très polyphage et très cosmopolite. L'adulte perce la paroi des jeunes capsules et se nourrit en enfonçant ses stylets en profondeur. Les blessures peuvent être la porte d'entrée d'agents pathogènes. Il est très rarement nécessaire d'intervenir de façon spécifique contre cet insecte.

ORDRE DES LÉPIDOPTÈRES.

C'est l'ordre où l'on rencontre le plus grand nombre de ravageurs portant le plus grand préjudice aux cultures cotonnières.

Famille des Arctiidae

Les genres *Amsacta* et *Diacrisia* ont des chenilles phyllophages pouvant se développer sur cotonnier en Afrique.

Estigmene acrea est une espèce phyllophage commune sur cotonnier aux U.S.A., Mexique et dans tout l'isthme américain. La chenille a le corps complètement recouvert de grands poils de couleur rousse à brun foncé. C'est le « gusano peludo » latino-américain. Elle peut atteindre 5 cm de long. Les papillons femelles ont des ailes blanches à points noirs à la face supérieure et jaunes à la partie inférieure. Les mâles ont leurs ailes postérieures de couleur jaune des deux côtés. La femelle peut pondre jusqu'à

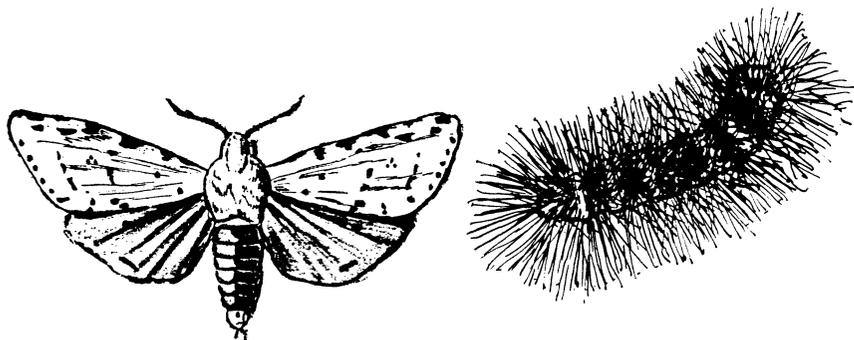


FIG. 38. — *Estigmene acrea* : papillon et chenille.

12.000 œufs groupés en amas de 50 à 200 sur la face inférieure de la feuille. On compte de 4 à 5 générations par an. Ces chenilles phyllophages ne laissent persister que les nervures de la feuille et les dommages peuvent s'étendre rapidement à l'ensemble d'une culture au cours de son développement.

Des traitements ponctuels peuvent devenir nécessaires lorsque l'attaque est importante : trichlorfon ou méthyl-parathion.

Famille des Noctuidae

De nombreux genres de cette famille figurent sur la liste des ravageurs en Afrique, Amérique et Asie et une spécificité dans la nature de l'attaque peut être dégagée.

Ceux ayant une vie souterraine coupent les jeunes tigelles et réduisent la densité des cotonniers : les *Agrotis*, *Euxoa*, *Feltia* ou vers gris. On lutte par enrobage des semences aux organo-chlorés ou appâts empoisonnés au Toxaphène. En cas de forte infestation le recours aux appâts au carbaryl ou au trichlorfon peut être nécessaire.

Ceux qui s'attaquent au feuillage : *Spodoptera*, *Trichoplusia*, *Alabama*, *Cosmophila* et causent parfois des dégâts importants aux cotonniers.

Enfin ceux qui s'attaquent également aux capsules et qui sont parmi les plus dangereux : *Earias*, *Heliothis* et *Diparopsis*.

Spodoptera : il est connu en Afrique, Madagascar et les Amériques. Il en existe de nombreuses espèces dont l'aire d'extension est propre à certaines régions.

Les œufs sont pondus en amas collés à la face inférieure des feuilles et sont protégés par une bourre d'écaillés provenant de l'abdomen de la femelle. La récolte manuelle de ces œufs en amas a été longtemps pratiquée.

Les chenilles vivent d'abord en groupes à la face inférieure des feuilles, puis se dispersent ; elles dévorent le limbe et peuvent détruire la totalité du feuillage du cotonnier. Elles sont de couleur gris-sombre ou verdâtre, plus ou moins foncée selon la densité de la population ; chaque segment du corps porte deux taches latérales triangulaires plus étendues sur les segments antérieurs que postérieurs du corps.

Le papillon est caractérisé par des lignes blanchâtres plus ou moins entrecroisées sur le dessus des ailes antérieures.

Spodoptera littoralis est un ravageur très important sur cotonnier dans le bassin est-méditerranéen où se pratique l'assolement « bersim-coton ». En Afrique noire il est de peu d'incidence sur le cotonnier ; *S. exigua* tend à prendre une importance

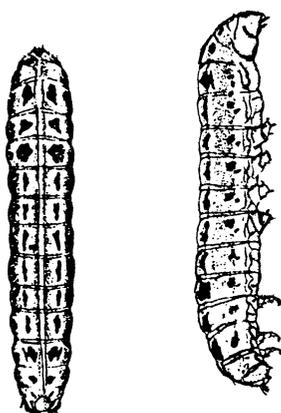


FIG. 39. — *Spodoptera littoralis* ; chenille, face, dorsale et de profil.

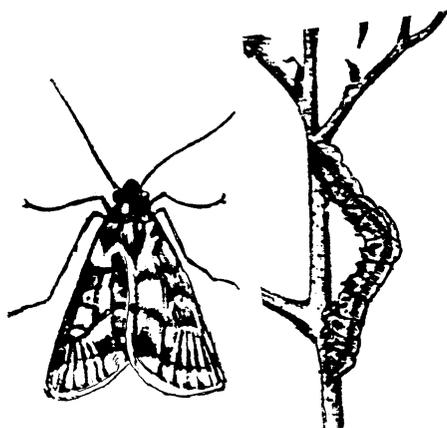


FIG. 40. — *Alabama argillacea* ; papillon et chenille sur rameau.

croissante en Amérique centrale où les insecticides actuels le contrôlent assez mal.

Cosmophila flava : la chenille phyllophage de couleur jauneverd a en général peu d'incidence sur la production car les populations sont de faible importance. Des pullulations portant sur des périodes de une ou plusieurs années, se sont manifestées et la défoliation du cotonnier peut être presque totale. Des dégâts de ce type ont été constatés en Afrique et en Asie il y a quelques années et un certain équilibre semble s'être rétabli à l'heure actuelle. Plusieurs insecticides : D.D T, Phosalone, monocrotophos, pyréthrinoïdes, etc., sont efficaces.

Alabama argillacea « chenille arpenteuse », est phyllophage et connue d'Argentine aux U.S.A. La chenille de couleur vert jaunâtre a deux bandes longitudinales dorsales foncées, séparées entre elles par une bande centrale blanche. Elle possède en outre de nombreux points noirs sur tout le corps et la tête. Elle atteint une longueur de 3 à 4 cm. Dans les fortes attaques les chenilles dévorent non seulement les feuilles (sans les nervures), mais également boutons floraux, fleurs et capsules (photo 15).

A. argillacea est sensible à methyl-parathion, monocrotophos, mais surtout aux pyrethrinoïdes dont le fenvalerate et la dècathrine. Cet insecte, responsable de dégâts importants dans le passé, tend à presque disparaître en El Salvador depuis l'utilisation de *Trichogramma*, dont la larve parasite les œufs.

Trichoplusia ni. C'est la chenille « fausse arpenteuse ». On a constaté que la régression considérable d'*Alabama* en El Salvador a été parallèlement compensée par une recrudescence de *T. ni*, qui prend chaque année plus d'importance. Cet insecte assez cosmopolite n'est pas signalé, à notre connaissance, en Afrique comme ravageur du cotonnier. La larve est vert clair présentant des bandes blanches latérales et deux bandes dorsales plus larges séparées des premières par une ligne centrale verte. Le papillon est de couleur brun foncé. Les œufs sphériques, blanc verdâtre, sont disposés individuellement sur les feuilles et autres parties du cotonnier. Les larves causent des dégâts semblables à ceux provoqués par *Alabama*. On utilise contre ce ravageur des organophosphorés. Les pyrethrinoides actuels (1980) semblent peu efficaces contre cet insecte (photo 51).

Earias : on le rencontre partout sauf en Amérique, représenté par des espèces différentes suivant le lieu : *E insulana* dans le bassin méditerranéen, Afrique et Madagascar ; *E biplaga* en Afrique tropicale et Madagascar ; *E vitella* en Asie Centrale et du Sud-Est ; *E. huegeli* propre à l'Australie.



FIG. 41. — Chenille d'*Earias* sp. avec ses excroissances charnues caractéristiques.

L'œuf de 0,45 mm, de couleur bleu-vert, est côtelé. Il est déposé isolément sur les jeunes tissus de la plante. Sur le cotonnier la chenille dévore en début de saison les tissus tendres du sommet de la plante et vit en mineuse de tige. Cet écimage retarde la floraison. Plus tard, en saison, les chenilles dévorent les boutons floraux, les fleurs et les capsules et la perte de production peut être sérieuse (photo 52).

La chenille est facilement identifiable par la présence sur le corps de nombreuses et fortes épines charnues, d'où le nom de « chenille épineuse » utilisé pour désigner ce ravageur. Au complet développement elle atteint 15 à 18 mm de long. Les adultes qui mesurent environ 10 mm de long et 18 à 20 mm d'envergure sont de coloration différente selon les saisons.

La suppression des cotonniers en fin de saison, la réduction

du nombre de plantes-hôtes (Malvales) dans les zones cotonnières sont la base de la lutte préventive contre *Earias*.

Le recours aux insecticides chimiques monocrotophos, triazophos, azinphos et carbaryl donne de bons résultats.

Heliothis. C'est certainement l'un des genres les plus polyphages et les plus redoutables pour le cotonnier (photo 53).

H. armigera, espèce de l'ancien monde, se rencontre en Afrique, Asie et Australie, *H. zea* et *H. virescens* en Amérique et *H. punctigera* en Australie.

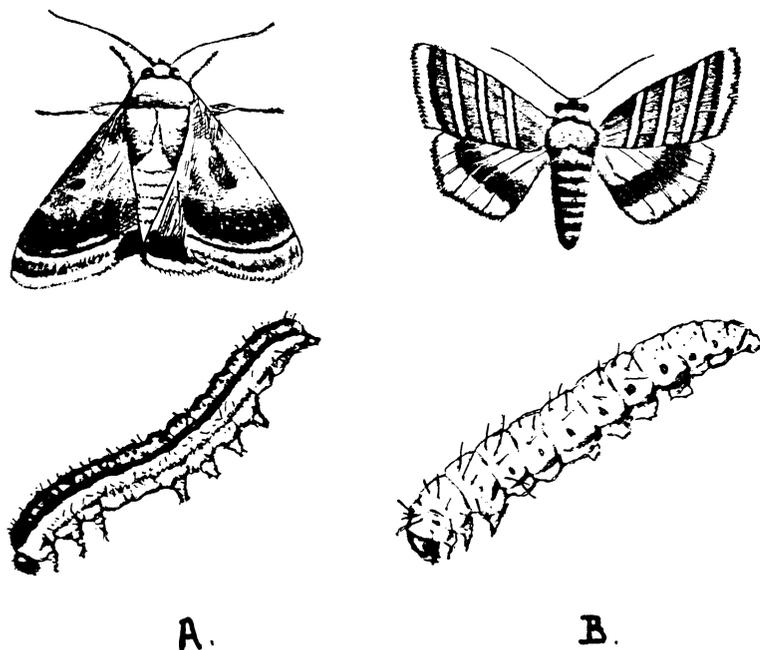


FIG. 42. — *Heliothis zea* (A) et *Heliothis virescens* (B); papillons et chenilles. Grossissement 1,5 environ.

L'œuf, de teinte gris nacré, mesure 0,6 mm de diamètre. La surface est côtelée par une douzaine de sillons bien marqués. Les œufs sont déposés isolément sur la partie supérieure de la plante-hôte.

La chenille est de teinte générale verte ou marron avec des variations importantes dans la coloration, une ligne latérale longitudinale claire, parfois blanche, la caractérise. A son complet développement elle atteint 35 à 40 mm de long. La chenille peut effectuer son cycle alimentaire sur de nombreuses plantes-hôtes

parmi lesquelles des plantes cultivées : maïs, légumineuses, solanées, malvacées, etc.

Sur le cotonnier la jeune chenille se déplace activement au cours de son premier stade larvaire et dévore les très jeunes boutons floraux dans lesquels elle pénètre. Par la suite elle s'attaque à des boutons floraux plus développés : l'organe est creusé et vidé de son contenu, une partie du corps de la chenille restant à l'extérieur du bouton attaqué. Plusieurs organes floraux peuvent être détruits en une seule nuit. Aux derniers stades elle s'alimente du contenu des capsules âgées encore vertes et aqueuses, la chenille étant en général partiellement engagée dans la capsule et rejetant à l'extérieur des excréments en abondance. La capsule attaquée est souvent totalement détruite, soit par l'insecte lui-même, soit par les champignons et les bactéries qui s'y développent ensuite.

La chrysalidation a lieu dans le sol ; la chrysalide mesure 15 à 20 mm de long et est de couleur brun-marron. L'adulte est un très bon voilier de 30 à 39 mm d'envergure et de 14 à 16 mm de long ; il est de mœurs nocturnes et peut effectuer des déplacements à de grandes distances. La femelle pond un millier d'œufs environ en une douzaine de jours. Cinq à huit générations sont possibles au cours de l'année ; les cultures sont donc particulièrement vulnérables à ce ravageur à tous les âges de leur développement.

La lutte chimique est efficace par l'utilisation de l'endosulfan, triazophos, toxaphène et très récemment des pyrethrinoides (decamethrine, fenvalerate, cypermethrine).

Les moyens de lutte biologique à base de Trichogrammes ainsi que la défense microbiologique (virus, bacilles) sont commercialisés aux U.S.A., utilisés en U.R.S.S. et en prévilgarisation dans d'autres pays.

Diparopsis watersi. Ce noctuide est inféodé au cotonnier et son régime est strictement monophage. La répartition géographique de l'insecte est limitée en Afrique dans les parties nord des zones cotonnières au sud du Sahara.

Diparopsis castanea vit sur le cotonnier dans l'hémisphère Sud en Afrique : Angola, Mozambique, etc.

L'œuf, d'un diamètre de 0,6 mm, de couleur bleu-turquoise, porte des côtes bien marquées se terminant en forme de couronne à la partie supérieure de l'œuf. Les œufs sont pondus isolément sur les parties jeunes du cotonnier où il est relativement facile de les distinguer.

La chenille est caractérisée par une tête et des pattes thoraciques noir brillant. De couleur claire à l'éclosion elle devient, au cours des stades suivants, verte et rougeâtre avec, au centre de

chaque segment, trois taches rouges disposées en pointe de flèche vers l'avant.

Dès l'éclosion la jeune chenille recherche un bouton floral, ou une jeune capsule, dans lequel elle pénètre après avoir, par une série de déplacements, étendu un fil de soie entre l'organe attaqué et le rameau portant cet organe. Très rapidement le bouton floral attaqué se fane et se détache du rameau ; la présence du réseau de fils de soie évite la chute au sol et la présence sur le cotonnier des organes floraux suspendus est caractéristique de l'attaque par *Diparopsis*. La jeune chenille passe sans difficulté d'un organe attaqué à un organe sain voisin. En vieillissant la chenille se nourrit de capsules plus âgées en rejetant à l'extérieur un abondant excréta sur lequel se développent les micro-organismes induisant une pourriture de la totalité de la capsule. Dans certaines zones fortement envahies la destruction peut atteindre la presque totalité de la production. Trois à quatre générations se succèdent au cours de la saison cotonnière et les deux dernières sont les plus nuisibles à la culture.

La chrysalidation a lieu dans le sol à une profondeur pouvant atteindre 15 cm ; la chrysalide est protégée par une coque terreuse constituée de grains de sable et de terre cimentés par la salive de la chenille. La durée du stade chrysalide est variable, de quelques jours à quelques semaines durant la saison des pluies, plusieurs mois durant la saison sèche.

Divers parasites de ce ravageur jouent un rôle d'équilibre naturel à la limitation des populations : mouche tachinaire, Nématode du genre *Mermis* et Hyménoptère de l'ordre des *Trichogrammidae*.

La lutte par l'emploi de mesures prophylactiques dans les zones à grande infestation est d'une grande importance : semis précoces, choix de variétés précoces à fructification groupée, travail du sol, arrachage et incinération des cotonniers et suppression des repousses.

La lutte chimique complémentaire donne de bons résultats : endrine-DDT, monocrothophos, triazophos et pyrethrinoides (cypermethrine, fenvalerate, decamethrine). On a remarqué que l'application des insecticides par U.L.V. améliore l'efficacité du traitement.

Famille des Pyralidae

Sylepta derogata : la « chenille enrouleuse des feuilles du cotonnier » a pour plantes-hôtes principalement le cotonnier et diverses malvacées ; elle est fréquente sur *Hibiscus esculentus*, ou gombo, dans toute l'Afrique intertropicale.

L'adulte est un papillon de 25 mm d'envergure de couleur blanc jaunâtre avec des lignes et des dessins géométriques noirs sur les ailes antérieures.

Les œufs sont déposés par amas de 5 à 15 à la face inférieure des feuilles.

Les chenilles, de couleur vert pâle avec des pattes noir brillant, sont translucides ; elles atteignent 22 mm à leur complet développement. Après l'éclosion elles vivent en groupes à la face inférieure de la feuille où était disposée la ponte. A un âge plus avancé elles se constituent un abri en découpant la feuille transversalement et en roulant le limbe en cornet.

Les chrysalides sont fréquemment formées à l'intérieur du cornet et des chenilles de divers âges peuvent être présentes dans un même abri.

L'incidence réelle des dégâts causés par *Sylepta* est très réduite sur la production, mais l'attaque sur le feuillage est très spectaculaire pour les planteurs et incite très souvent à une intervention par insecticide : endosulfan, méthyl-parathion, monocrotophos, entre autres produits.

Ephesia cautella Wlk. De vaste distribution mondiale il attaque les graines de coton en magasin ; cette espèce a un rôle très secondaire.

Famille des Tineidae

Bucculatrix thurberiella, ou mineuse de la feuille, se rencontre des U.S.A. au Brésil. Cette petite larve de couleur gris-verdâtre avec taches dorsales noires creuse des galeries dans le limbe de la partie centrale de la feuille qui prend la couleur brune d'une feuille sèche. Bien que d'aspect spectaculaire les dégâts n'ont d'importance que dans le cas de fortes attaques précoces. Les pyrethrinoïdes utilisés pour d'autres ravageurs plus dangereux contrôlent bien cet insecte.

On rencontre d'autres espèces de *Bucculatrix* en Afrique et Madagascar.

Pectinophora gossypiella « ver rose du cotonnier ». La distribution de cet insecte, à partir de l'Inde qui serait son pays d'origine, a été mondiale par l'absence de mesures de protection sanitaire à l'entrée de graines contaminées. On le trouve dans certains États des U.S.A., au Mexique ; il a été signalé au Honduras en 1955 et pratiquement dans toute l'Afrique et l'Asie ; l'U.R.S.S. et certaines régions de la Turquie ne sont pas considérées comme zones contaminées.

L'insecte vit sur le cotonnier et sur *Hibiscus cannabinus* (Okra).

Les œufs sont pondus séparément, de préférence sur les capsules non mûres et très souvent sur les lignes de déhiscence future de la capsule. L'œuf ellipsoïde, de 1 mm sur 0,5 mm, blanc nacré, est assez visible sur le fond vert du fruit. Sur les autres organes il est difficilement repérable.

A l'éclosion, la jeune chenille est de couleur blanchâtre gris très légèrement rosé ; ce n'est qu'à partir du 3^e âge que la couleur rose est bien marquée et qu'une bande et deux traits transversaux par segments sont différenciés.

Les fausses pattes abdominales portent sur leur sole de 15 à 17 crochets chitineux implantés selon un arc de cercle en forme de fer à cheval ouvert vers l'extérieur. La chenille à complet développement mesure 10 à 12 mm de long.

La chrysalide de 8 à 10 mm de long, de couleur brun rougeâtre est recouverte d'une pubescence rase. L'extrémité abdominale se termine par un crochet court et épais recourbé vers le haut et à la base duquel est insérée une dizaine de soies robustes et recourbées.

Le papillon mesure 8 à 10 mm de long et 15 à 20 mm d'envergure. Les palpes labiaux bien développés et dressés sont de couleur brun rougeâtre, avec sur l'article terminal deux anneaux noirs bien nets. Les ailes antérieures sont brun foncé avec de nombreuses petites taches noires et trois zones transversales plus foncées.

Dès sa sortie de l'œuf la chenille fore un trou d'entrée dans l'organe sur lequel l'œuf a été déposé et mène une vie endocarpique. Le trou d'entrée est très rapidement comblé par la croissance des tissus et devient très vite invisible. Si l'organe parasité est un bouton floral d'un certain âge il est habituel que le cycle évolutif se poursuive jusqu'à l'ouverture de la fleur. Très souvent la perforation des pétales par la chenille empêche l'épanouissement complet de la corolle et donne une « fleur en rosette », les pétales restant vrillés en hélice. Le comptage de ces fleurs d'aspect caractéristique peut donner une évaluation de l'attaque précoce.

Si la pénétration se fait dans une capsule en formation, la chenille fore une galerie dans la paroi du fruit, puis se dirige vers les amandes et graines encore jeunes qui sont préférées aux fibres immatures. La chenille accomplit en général la totalité de son cycle, soit 10 à 20 jours, dans une seule capsule : le passage d'une loge dans l'autre se fait par perforation d'un orifice circulaire dans la paroi carpellaire séparant deux loges. A la fin de la vie larvaire la chenille dévore la paroi du fruit et fore un trou par lequel elle s'échappera pour aller se nymphoser. La capsule attaquée se dessèche et reste fixée à la tige : en général la perte de coton est presque totale et les fibres récoltables sont de mauvaise qualité. Il est fréquent de rencontrer plusieurs chenilles dans une même

capsule. Au cours de la saison favorable au développement de l'insecte 6 à 8 générations peuvent se succéder.

La phase de diapause larvaire peut durer de deux mois à deux ans et permet à l'insecte de franchir la période défavorable de la sécheresse des pays tropicaux ou de froid des pays plus tempérés. Ce stade de diapause peut se réaliser chez les chenilles qui se constituent un abri en réunissant entre elles deux ou trois graines. Les chenilles peuvent aussi entrer en diapause dans des capsules parasitées persistant sur les tiges en fin de campagne, dans les déchets et débris de récolte et d'égrenage, dans les stocks de fibres et de graines, dans les paniers et les sacs de récolte ; tous ces lieux d'hibernation vont constituer des foyers d'infestation pour la contamination des cultures de la saison suivante.

La lutte contre *Pectinophora* est basée sur les moyens préventifs :

- mesure de protection aux entrées de semences dans les zones non contaminées ;
- suppression des cotonniers en fin de cycle par brûlage ou broyage ;
- incinération de tous les déchets de culture ;
- labour et enfouissement à plus de 15 cm de tous les débris végétaux.

Les moyens curatifs chimiques sont de modalités d'emploi difficiles en raison de la vie endocarpique de la chenille. Le carbaryl, l'azynphos, le monocrotophos sont employés avec succès, ainsi que les pyrethrinoides.

Il a été constaté que le recours à la lutte chimique est insuffisant pour rattraper une situation résultant de l'abandon des mesures préventives et prophylactiques et le ver rose reste un ravageur très difficile à contenir (extension continue dans la « Cotton Belt » des U.S.A.).

Certains virus pathogènes de cet insecte sont actuellement en début de commercialisation aux U.S.A.

Famille des Tortricidae

Cryptophlebia leucotreta (= *Argyroproce leucotreta*). La répartition géographique actuelle de l'insecte s'étend sur la presque totalité du continent africain au sud du Sahara. Pratiquement tous les États de cette vaste zone, depuis l'Afrique du sud d'où il serait originaire, jusqu'au Mali, ont signalé la présence de *Cryptophlebia* dans de nombreuses cultures de plantes de familles et d'espèces botaniques très différentes : citrus ; graminées (maïs

et sorgho); Anacardiées; Euphorbiacées (ricin); malvacées (cotonnier), etc.

Considéré comme ravageur des fruits des citrus et des fruits à pulpe en Afrique du Sud l'insecte a nettement marqué son extension dans les zones cotonnières du Golfe du Bénin, régions à partir desquelles il a progressé vers l'intérieur du continent jusqu'au Mali, au Tchad et en République Centrafricaine. *Cryptophlebia* est devenu un ravageur important dans les zones sud des régions cotonnières de l'Afrique de l'Ouest et du Centre.

Les œufs sont pondus isolément en général sur les jeunes capsules. L'œuf, lenticulaire, plat avec des fines stries en surface, gris blanchâtre, mesure 0,9 mm de long; le comptage précis des œufs est difficile à effectuer. La chenille jeune est de couleur gris jaunâtre et, en avançant en âge, elle prend une teinte rose plus renforcée sur la partie dorsale des anneaux.

A ce stade une certaine difficulté de différenciation avec la chenille de *Pectinophora* peut se présenter. Un examen à la loupe montre des caractères spécifiques à *Cryptophlebia* :

- présence d'un cône aplati, plus luisant à la base de chaque soie du corps;
- les crochets des fausses pattes abdominales sont insérés sur un cercle complet;
- un peigne anal de sept épines est dévaginé au niveau du rectum si une légère pression est exercée sur la chenille.

La chenille est plus vive que celle de *Pectinophora* et réagit activement aux excitations; elle se laisse tomber vers le sol en secrétant un fil de soie et peut se déplacer en marche-arrière. A son complet développement elle mesure 15 mm de long.

La chrysalide est formée dans les débris végétaux ou sur le sol. Elle est abritée dans un cocon très lâche et est caractérisée par deux rangées de fortes épines sur chaque segment abdominal.

Le papillon adulte mesure 7 à 8 mm de long et 17 mm d'envergure; vers le bord antérieur de l'aile, présence d'une quinzaine de petits triangles allongés et vers le bord postérieur présence d'écailles noirâtres formant des dessins onduleux. Chez le mâle un dessin ayant la forme d'un X est situé au tiers postérieur de l'aile antérieure. Les ailes postérieures sont de couleur gris enfumé uniforme avec une tache noir brillant chez le mâle. Vu de profil le papillon au repos présente des rehaussements d'écailles formant des protubérances sur la ligne de faite supérieure des ailes.

Les palpes labiaux sont bien visibles mais non dressés comme ceux de *Pectinophora*.

Dès l'éclosion de l'œuf la chenille pénètre dans la capsule pour se nourrir aux dépens des graines. Le trou d'entrée est en

général invisible sauf si une exudation de gomme, en forme typique de tortillon, se produit au point de pénétration dans la capsule caractérisant ainsi l'attaque par *Cryptophlebia*. La chenille dévore le contenu de une ou deux loges de la capsule mais des pourritures banales introduites par cette porte d'entrée peuvent causer la perte totale de la capsule. Il est fréquent de rencontrer plusieurs chenilles de l'insecte dans un même fruit. A son complet développement la chenille quitte l'organe attaqué en perforant la paroi d'un trou circulaire assez caractéristique.

Parmi les nombreux produits insecticides expérimentés signalons monocrotophos, méthyl-parathion, triazophos et DDT qui donnent de bons résultats s'ils sont appliqués aux périodes de ponte et d'éclosion des œufs. Les pyrethrinoïdes sont également efficaces en formulations simples ou associés à triazophos, azinphos ou profenophos.

ORDRE DES COLÉOPTÈRES.

Peu d'insectes de cet ordre sont vraiment nuisibles aux cotonniers en Afrique. On en rencontre par contre un certain nombre qui prennent de l'importance à Madagascar. C'est le cas de *Gonocephalum* dont les adultes se nourrissent de débris végétaux variés ou de tissus de très jeunes plantes. Les larves vivent à quelques centimètres de profondeur et rongent les petites racines. Des charançons des genres *Catalatus*, *Neocleonus*, etc., sont abondants dans le sud-ouest de Madagascar où ils compromettent parfois le bon démarrage des cultures.

Famille des Elateridae

Aeolus sp. = « ver fil de fer ». On le signale en Amérique centrale. La larve souterraine, de couleur brun clair brillant, a un corps cylindrique qui atteint 3 cm à son complet développement. La partie buccale est composée d'un puissant appareil masticatoire en forme de tenaille qui lui permet de sectionner les racines du cotonnier et les plantules.

Les dégâts causés aux cultures sont parfois importants. La lutte doit se pratiquer par les moyens habituels d'assainissement du sol (labour, destruction des cultures), du traitement de celui-ci et des semences.

Les adultes ne sont pas nuisibles.

Famille des Curculionidae

Anthonomus grandis. Il est présent sur une très grande partie du continent américain, dont il est originaire, et dans les îles Caraïbes où il constitue l'un des ravageurs majeurs des cotonniers.

L'adulte est un charançon de 5 à 9 mm, à corps dur, de couleur foncée et à stries longitudinales sur les élytres. Il possède un long rostre cylindrique qui porte les antennes insérées en son milieu.

Les œufs sont pondus individuellement dans les boutons floraux et les capsules après que la femelle ait pratiqué un orifice

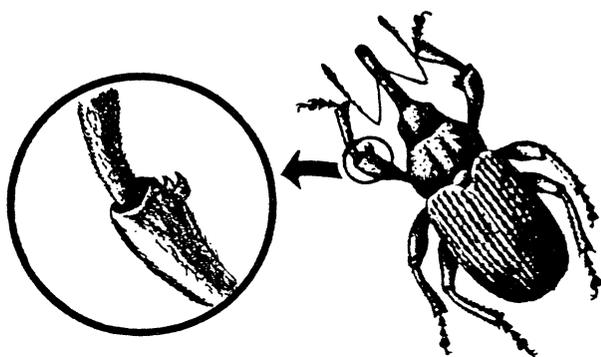


FIG. 43. — *Anthonomus grandis* avec détail anatomique de la partie distale du fémur de la première paire de pattes.

de ponte. Ce dernier est scellé par une sécrétion de la partie postérieure de l'abdomen, l'orifice devient très visible ensuite par la coloration brune qu'il prend. Les boutons floraux attaqués deviennent également très reconnaissables par les bractées qui s'écartent, caractère que l'on retrouve sur les jeunes capsules attaquées. Jaunissement et chute sont les phases suivantes d'évolution des symptômes sur organes fructifères. Il arrive également que les pontes s'effectuent à la base des boutons floraux et des capsules.

La femelle pond jusqu'à 300 œufs. Les larves naissent après une incubation de deux à trois jours et se nourrissent à l'intérieur des organes fructifères. La vie larvaire dure environ 10 à 12 jours. La pupaison est de un à trois jours. En fin de saison cotonnière l'adulte entre en diapause jusqu'à la campagne suivante.

Les dégâts causés par cet insecte sont souvent très importants, d'autant que les produits actuels efficaces sont en nombre assez réduit. Les luttes préventives et curatives sont

à conduire simultanément. La première devra réaliser la destruction précoce de toutes les cotonneraies après la dernière récolte, leur suppression par broyage et enfouissement ou brûlage ; la seconde sera à base de méthyl-parathion comme principal insecticide.

Signalons en Asie du Sud-Est la présence d'*Amorphoidea lata*, un charançon dont les dégâts sont similaires à ceux d'*Anthonomus grandis*.

Eutinobothrus brasiliensis. C'est le charançon du collet ou « broca » (mineur) des Brésiliens. Ce Coléoptère, observé en premier au Brésil, est également présent au Paraguay et en Argentine où il cause des dégâts importants (photo 54).

La larve pénètre au niveau du collet du cotonnier et creuse des galeries dans la tige qui, en l'affaiblissant, provoquent la rupture d'un nombre important d'entre elles à une époque où tout ressemis est impossible.

Les attaques se manifestent dès les premiers stades de la végétation du cotonnier et se poursuivent jusqu'à la fin de son cycle. Au moment de la pleine floraison il n'est pas rare que 20 % des plants soient atteints, ce taux pouvant s'élever jusqu'à 40 %. L'incidence sur la production peut donc être importante.

Le corps de l'insecte adulte est marron foncé, presque noir, de dimensions comprises entre 3 et 4,9 mm pour la longueur et 1,4 à 2,1 mm pour la largeur. L'œuf blanc-crème, ovale arrondi, mesure environ 0,6 mm de long et 0,45 mm de diamètre. La larve au corps blanc-jaune a une capsule céphalique fortement chitinisée. Elle se nourrit de l'écorce de la tige du cotonnier, puis du bois, provoquant l'arrêt de la montée de la sève. Le cycle, de l'éclosion à l'adulte, dure de 40 jours à 4 mois suivant les températures.

Aucun produit ne donne entière satisfaction à l'heure actuelle pour contrôler ce charançon.

PROTECTION DES CULTURES

La lutte contre les ravageurs peut prendre des formes très diverses qui ont, soit un but préventif en rendant difficile le développement des déprédateurs, soit un but curatif en s'attaquant directement au ravageur en cours d'évolution du cotonnier.

LUTTE PAR DES MOYENS AGRONOMIQUES.

Ce sont toujours des moyens simples n'apportant généralement que peu ou pas de travaux supplémentaires à la conduite normale d'une exploitation agricole rationnelle : rotation, dates de semis,

destruction des plantes-hôtes, arrachage, broyage, enfouissement des cotonniers, etc. Le bénéfice à en retirer rentre donc dans le cadre d'une sage gestion des intérêts bien compris d'une agriculture régionale.

Il s'agit avant tout, d'une part de rompre le cycle biologique de nombreux ravageurs en allongeant, autant que faire se peut, la période sans nourriture, et, d'autre part, d'éliminer de nombreux ravageurs se trouvant encore sur la plante à tous les stades de leur développement, ou même en état de diapause (chrysalide, larve ou adulte).

LUTTE PAR DES MOYENS GÉNÉTIQUES.

Le sélectionneur peut agir sur la plante pour permettre à celle-ci de se défendre mieux contre les attaques des ravageurs ; ce sera la création de descendance dites tolérantes ou résistantes, une meilleure efficacité des traitements par la transmission de caractères physiologiques (glandes) ou morphologiques (bractées, frego) à des variétés possédant déjà de bonnes caractéristiques de production, la transmission des caractères de résistance contre certaines maladies dues aux insectes, la création de nouvelles variétés ayant ces propriétés même en l'absence de connaissances très précises sur ces résistances.

De nombreux exemples de succès existent dans ce domaine, dont les plus marquants :

- résistance spécifique à de nombreux ravageurs ayant conduit au choix du *G. barbadense* plutôt que du *G. hirsutum* en Afrique du Nord ;
- résistance à certains insectes piqueurs par la sélection de variétés pileuses ;
- création de variétés glabres pour lutter contre la prolifération de certains insectes ;
- multiplication de variétés très tolérantes à la virose transmise par *Bemisia tabaci*.

LUTTE BIOLOGIQUE.

Dans la nature une évolution continue tend à adapter le volume des organismes vivants au volume d'aliments disponibles.

La culture d'une espèce par l'homme aboutit donc à une abondance d'aliments pour les animaux se développant sur cette plante et il est normal que la faune liée à cette culture s'établisse et se multiplie.

Le développement de cette faune constitue à son tour une abondante provende pour les prédateurs et les parasites ; les maladies trouvent également un terrain favorable à leur multiplication.

Dans la lutte par les moyens biologiques l'homme utilise ces facteurs naturels antagonistes en cherchant à modifier le cours normal de l'évolution des dynamiques des populations.

Les Entomophages

Le *prédateur* est l'animal qui a le ravageur pour proie, par exemple l'acarien *Phytosius* est prédateur de l'acarien *Tetranychus*, de même la coccinelle *Cydonia* est prédatrice de *Aphis gossypii*. On peut citer aussi les Hémérobes, les Syrphides, les carabes, les mantes, les guêpes, les arachnides, etc., etc.

Les *parasites* sont aussi des organismes animaux vivant aux dépens des ravageurs de la culture mais dont la phase parasitaire se fait à l'intérieur de l'organisme parasité : par exemple *Carcelia*, diptère parasite de la chenille de *Diparopsis* ou *Trichogramma*, hyménoptère parasite des œufs de Lépidoptères.

Le statut de parasite est extrêmement répandu et de très nombreux exemples sont bien connus : depuis les Nematelminthes, parasites des chenilles, jusqu'aux microhyménoptères, parasites des pucerons, par exemple.

L'utilisation d'un certain nombre de ces prédateurs ou de ces parasites dans la lutte contre les ravageurs des cultures est parfois possible. Le processus consiste à produire en masse, dans des conditions artificielles d'élevage, les animaux auxiliaires et à les lâcher dans les cultures à un moment où leur développement va entraver ou détruire l'organisme ravageur.

La réussite d'une telle intervention implique la connaissance approfondie des problèmes à résoudre ; la mise au point de la lutte biologique demande des études longues et difficiles.

Les Entomopathogènes

Les populations d'insectes ravageurs sont aussi sujettes à des développements plus ou moins importants de maladies causées par des agents de diverses natures : champignons, bactéries, virus, etc.

La lutte consiste à cultiver, multiplier et diffuser ces prédateurs à un moment où le ravageur à détruire sera le plus facilement réceptif.

Plusieurs études sont en cours, de nombreux entomopathogènes sont connus, mais peu encore à l'heure actuelle sont

utilisés en exploitation agricole courante. Et ceci bien que leur histoire remonte à la production de *Bacillus popilliae* il y a une quarantaine d'années.

Bacillus thuringiensis est pathogène d'insectes et de nouvelles souches sont constamment mises au point. Elles sont utilisées actuellement aux U.S.A. contre de nombreux Lépidoptères dont *Trichoplusia ni*. sur cotonnier.

Une polyedrose nucléaire a été également essayée contre *Heliothis zea* sur cotonnier. En Côte-d'Ivoire d'autres polyedroses ou viroses sur *Heliothis armigera* et *Cryptophlebia leucotreta* ont été étudiées et mises en expérimentation en plein champ. Pour *Spodoptera* des études similaires ont été poursuivies en Égypte, Grande-Bretagne et Afrique de l'Est.

D'autres études sont en cours dans le monde, dont nous détacherons celles poursuivies par les chercheurs de l'Institut de Recherche du Coton (I.R.C.T.). Elles ont trait, en général, à la découverte de viroses pathogènes de *Diparopsis waltersi*, *Cryptophlebia leucotreta*, *Earias sp.* et *Spodoptera*. Des recherches similaires sont poursuivies sur des champignons, en particulier *Spicaria rileyi*, découvert sur *Heliothis armigera* en Côte-d'Ivoire (photo 55).

LUTTE CHIMIQUE.

On la conçoit de deux manières distinctes, soit en perturbant la biologie des ravageurs, soit en utilisant un produit toxique qui les tue.

Action sur la biologie des insectes

Le recours à l'utilisation de substances chimiques susceptibles de jouer un rôle sur le comportement des insectes a été et est encore très pratiqué.

Les domaines d'action des substances chimiques sont très divers :

— les substances juvénilisantes perturbent la morphogenèse et aboutissent à la création d'insectes adultes « infirmes », en général inaptes à la reproduction ;

— les phéromones sexuelles synthétiques perturbent le comportement naturel des individus des deux sexes dans une espèce bien définie. Le taux des accouplements peut être réduit et la fécondité normale se trouver diminuée ;

— les substances agissant sur un tropisme habituel soit visuel, olfactif, gustatif, alimentaire, etc., apportent une pertur-

bation dans le comportement et aboutissent à la diminution d'une population. On peut ainsi utiliser des attractifs, des répulsifs, des apétants, etc.

Action insecticide

Les toxiques agissent de diverses façons :

— par ingestion et empoisonnement consécutif ; parmi eux on rencontre les produits dits systémiques qui au contact de la plante pénètrent dans les organes et la sève et atteignent ensuite le déprédateur :

- par contact en agissant en général sur le système nerveux ;
- par inhalation en pénétrant par les orifices respiratoires ;
- par l'association des actions précédentes.

L'ensemble de tous ces toxiques forme la classe des insecticides.

MOYENS DE LUTTE CHIMIQUE.

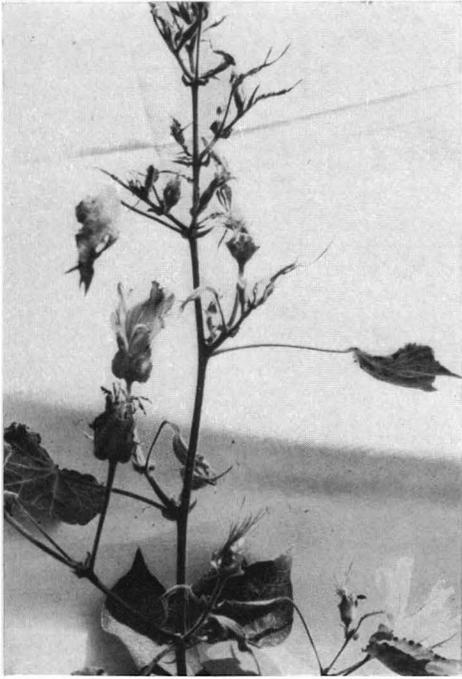
Les insecticides de synthèse créés pour lutter contre les ravageurs du cotonnier ont tous un ensemble de caractères et peuvent se répartir dans quatre grandes familles.

— **Les organochlorés** : dans le traitement des parties aériennes. On rencontre d'anciens produits qui ont fait leurs preuves et continuent à être utilisés tels que DDT, HCH, endrine. On trouve également endosulfan, polychlorocamphène et toxaphène. Parmi ceux destinés au poudrage des graines ou à l'enrobage des semences citons : Aldrine, Heptachlore, Chlordane, Dieldrine, etc., généralement associés à un organomercurique.

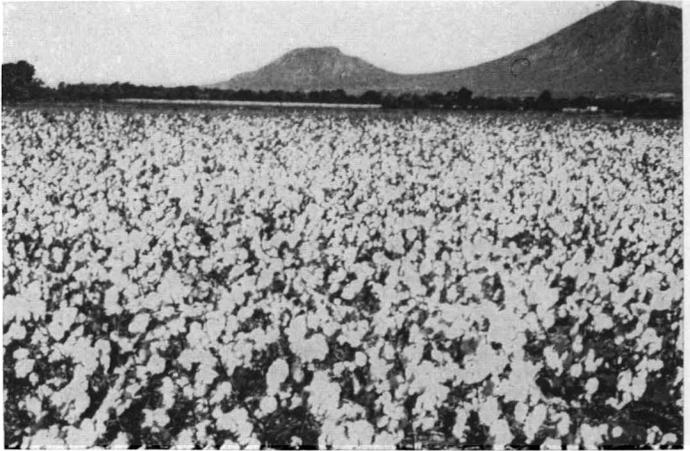
— **Les organophosphorés** : la partie active comporte des dérivés de l'acide phosphorique : azinphos, methyl-parathion, namidothion, dimethoate, phosalone, monocrotophos, triazophos, dialiphos, dicrotophos, carbophenothion.

— **Les carbamates** : les molécules comportent de l'azote inclus dans un radical particulier ; les plus utilisés en culture cotonnière sont le carbaryl et l'aldicarbe.

— **Les pyrethrinoïdes** : pyrethrines de synthèse, de création récente, associant la remanence aux propriétés insecticides du produit naturel. L'utilisation de cyperméthrine, decaméthrine, fenvalérate, perméthrine... a nettement amélioré la lutte contre de nombreux Lépidoptères.



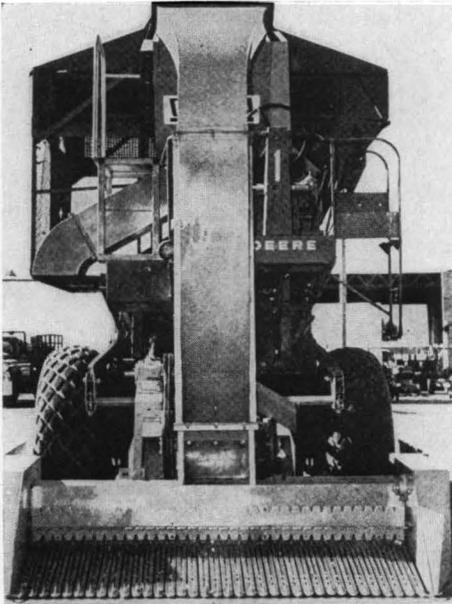
PH. 29. — Déformations foliaires accidentelles provoquées par des herbicides (R. DELATTRE).



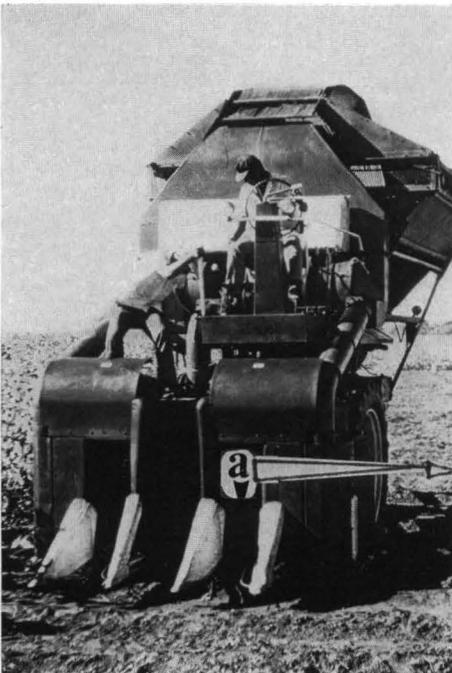
PH. 30. — Champs de cotonniers juste avant la récolte (J. GUTKNECHT).



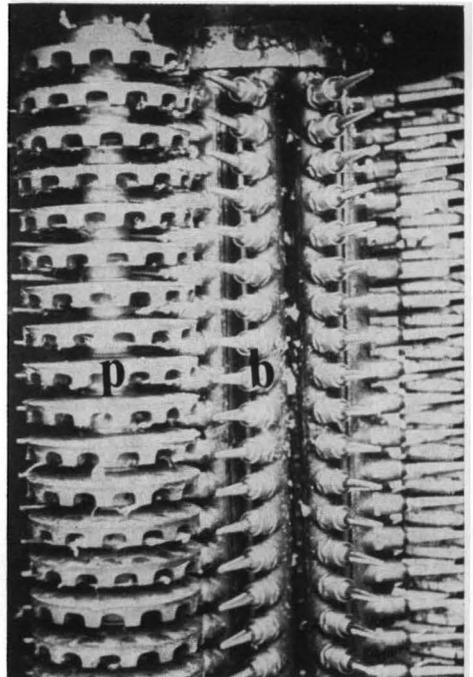
PH. 31. — Récolte manuelle du coton graine (C.F. D.T.).



PH. 32. — Un des nombreux modèles de « cotton stripper ».



PH. 33. — Cotton-picker (J. GUTKNECHT).



PH. 34. — Détail des broches (b) entraînant le coton graine et des plateaux (p) le séparant de la broche : ces broches sont situées en (a) de la photo 33 (M. DEAT).

Les caractéristiques essentielles de la matière active des insecticides peuvent se résumer ainsi :

- spécificité ou spectre d'action, c'est-à-dire l'étendue de son action sur tel ou tel groupe de ravageurs ;
- remanence pratique, c'est-à-dire toutes les qualités qui font qu'il est actif plus ou moins longtemps : stabilité chimique, adhésivité à la plante ;
- rapidité d'action généralement inverse de la précédente ;
- mode d'action toxique par ingestion, contact ou gazeux ;
- toxicité aux vertébrés ;
- compétitivité dans le domaine du prix et de la facilité d'emploi ;
- phytotoxicité.

PRÉSENTATIONS COMMERCIALES.

Nous les signalons à titre indicatif car elles sont habituelles à tous les insecticides :

- poudres à poudrer à faible teneur en matière active dans la généralité des cas ;
- poudres mouillables pour utilisation en bouillies ; la concentration en matière active se situe entre 30 et 75 % ;
- produits liquides en solution vraie ou en émulsion, qu'ils soient prêts à l'emploi ou en concentrés à diluer ou émulsifier ; la concentration en matière active oscille entre 20 et 80 %.

Ces insecticides sont présentés en formulation simple ou en formulations binaires (deux produits mélangés) ou ternaires (trois produits).

MODE D'ÉPANDAGE.

De nombreux modes de traitement sont à la disposition des agriculteurs afin de répondre à leurs besoins économiques et aussi aux exigences techniques imposées par le développement végétatif, le climat, la cadence des précipitations, les divers modes d'irrigation, le relief des parcelles cotonnières, etc.

Deux types de traitement peuvent être envisagés : au sol et aériens. Dans chacun d'eux on retrouve des modes d'épandage similaires.

Traitements au sol

On utilise soit des appareils à dos d'homme (photo 57), soit des appareils portés ou tractés (photos 58 et 59).

La tendance actuelle est de réduire au maximum les volumes de produits utilisés en raison des avantages liés à cette technique dite d'épandage en ultra bas volume (U.L.V.). Ces appareils portés ont une énergie fournie par une batterie de piles électriques qui fait tourner un disque à 10 000 tours minute environ. L'insecticide arrivant sur ce disque est distribué en très fines gouttelettes de 50 à 120 microns. On peut réaliser des traitements en utilisant 2,5 à 4 litres d'insecticide à l'hectare. Les avantages de cette technique, qui est en train de modifier profondément la pratique des traitements, sont évidents par rapport à la technique traditionnelle des pulvérisateurs à dos à pression préalable ou à pression entretenue (photo 56) :

- fatigue des opérateurs considérablement diminuée ;
- suppression de l'approvisionnement en eau ;
- rapidité d'exécution des traitements ;
- traitements plus économiques.

On doit cependant noter certains inconvénients :

- force et régularité du vent doivent être de 10 km à l'heure au maximum. Au-delà la répartition n'est plus contrôlable ;
- estimation précise de la surface protégée afin de déterminer le passage toutes les 2 à 5 lignes de cotonniers, suivant le développement végétatif et la force du vent ;
- forte toxicité du produit pulvérisé.

Les traitements au sol en U.L.V. sont donc réservés à une main-d'œuvre bien entraînée.

Traitements aériens

Là encore de très grands progrès ont été faits ces dernières décennies pour l'amélioration des traitements aériens.

Les traitements aériens sont rapides et indépendants de l'état des sols, qualité particulièrement intéressante en culture irriguée. Ils sont courants aux U.S.A., Mexique, Amérique Centrale, Madagascar, Moyen-Orient, Inde, Australie, U.R.S.S., en réalité partout où les cultures occupent des surfaces importantes et relativement stables alliées à des rendements élevés (photo 60).

La protection aérienne est réalisée par des pulvérisations conventionnelles, ou en traitement U.L.V. Dans le premier cas

on compte 30 à 50 hectares de traitement à l'heure, suivant le développement végétatif et la configuration du champ à traiter; dans le second on peut atteindre 80 hectares à l'heure.

Les hélicoptères sont également utilisés pour la protection cotonnière, mais ils sont réservés à des cultures à très haut niveau de production en raison du coût plus élevé de ce mode de traitement. Ils ont l'avantage principal sur l'avion de s'adapter à toutes les conditions de culture en raison de leur maniabilité (photo 61).

PROGRAMMES DE TRAITEMENT.

Avertissements

L'agriculteur ou l'entreprise responsable des traitements est averti de l'époque la plus propice pour la lutte contre tel ou tel ravageur. Cette forme de protection doit prendre en compte de nombreux paramètres et ne peut être effectuée que par un Service très actif et très spécialisé qui analyse les résultats de l'ensemble d'un réseau et détermine zone par zone les modalités de protection les plus opportunes. Le but est pleinement atteint lorsque le système est entièrement préventif.

Programmes prédéterminés

Une bonne étude régionale du parasitisme durant un laps de temps suffisamment long permet de prévoir l'apparition de tel ravageur à un stade de développement donné à une date relativement précise. On peut donc établir un calendrier des traitements qui puisse coïncider avec les dates probables des invasions parasitaires. Ce sont donc, par définition, des traitements préventifs et ils doivent être suffisamment rémanents pour rester efficaces, même si l'invasion subit un quelconque décalage dans le temps. Ils n'exigent pas une infrastructure phytosanitaire très lourde.

Programmes mixtes

Ils permettent de définir une efficacité plus large des traitements ou d'économiser un ou plusieurs épandages si la protection n'est pas jugée nécessaire.

Ces programmes mixtes peuvent être commencés par une protection sur avertissements et terminés par quelques traitements à rythme régulier. Ils peuvent aussi se concevoir avec d'abord un calendrier de traitements et poursuivis ensuite par des avertissements lorsque les populations sont très fluctuantes d'une année sur l'autre. Ces méthodes de traitements existent ou existaient dans de nombreux pays des cinq continents.

LUTTE INTÉGRÉE.

Elle consiste à utiliser la lutte chimique limitée au strict minimum en complément de certaines techniques tenant compte de la notion de seuil économique des dégâts :

- lutte par entomophages ou entomopathogènes ;
- lutte autocide où l'espèce est impliquée dans sa propre destruction : mâles stérilisés par des moyens chimiques, des radiations ou des croisements interspécifiques ;
- lutte physiologique à l'aide de répulsifs ou attractifs, ou autres substances modificatrices du comportement des ravageurs ;
- lutte agronomique mettant en œuvre toutes les techniques permettant de placer le cotonnier en dehors des époques où s'exercent les plus gros ravages ;
- lutte génétique par sélection de plantes contrariant la ponte ou l'alimentation grâce à des obstacles mécaniques (pilosité, dureté carpellaire) ou biochimique (gossypol). Il faut cependant préciser qu'il est impossible d'imaginer que l'on puisse créer des variétés tolérantes à l'ensemble des principaux ravageurs de chaque région puisque les caractères de résistance sont souvent antagonistes pour des ravageurs qui sévissent dans un même lieu ; par exemple plante glabre et plante pileuse, variété avec ou sans gossypol, descendance précoce ou tardive.

CHAPITRE IX

AMÉLIORATION VARIÉTALE

Il est difficile de déterminer avec précision l'époque à laquelle l'amélioration cotonnière est entrée en pratique. Il semble très probable que, pour le cotonnier utilisé depuis des millénaires, l'homme ait cherché d'une manière empirique à adopter des méthodes de choix dont les résultats accumulés dans le temps ont amené à une amélioration des caractères de production ou d'utilisation.

Par contre on sait que dès 1790 le Danois Rohr utilisait déjà aux Antilles l'hybridation et la sélection et qu'à la même époque des méthodes similaires aux U.S.A. permettaient d'améliorer le cotonnier Sea Island.

En réalité on peut situer à plus d'un siècle et demi le début de l'amélioration scientifique du cotonnier. Les méthodes utilisées ont conduit à un inbreeding très sévère avec perte de la plasticité des nouvelles variétés qui ne répondaient bien que dans le milieu où elles étaient sélectionnées. Malgré cela la sélection s'est poursuivie avec des succès peut-être plus lents mais suffisamment de gains pour que la rentabilité culturale continue à progresser. Parallèlement et plus récemment les sélectionneurs ont imaginé de nouvelles techniques destinées à pallier ces inconvénients et l'on a assisté alors, dans certains domaines, à des améliorations auxquelles on n'était plus accoutumé.

ÉLÉMENTS DE GÉNÉTIQUE COTONNIÈRE *

Cytogénétique.

Il semblerait que le premier travail de cytologie cotonnière soit dû à Cannon en 1907 qui étudiait les conséquences génétiques

* Avec J. SCHWENDIMAN, cytogénéticien.

du croisement *G. hirsutum* par *G. barbadense*, suivi presque aussitôt par Balls en 1910 sur la recherche de la division nucléaire du *Gossypium*. Ces travaux ont été suivis de beaucoup d'autres en raison, en particulier, de l'importance de plus en plus grande que prenait cette plante dans le monde entier. D'autre part les problèmes posés par la sélection et les difficultés que l'on rencontrait pour l'amélioration variétale incitaient les chercheurs à approfondir leurs connaissances fondamentales.

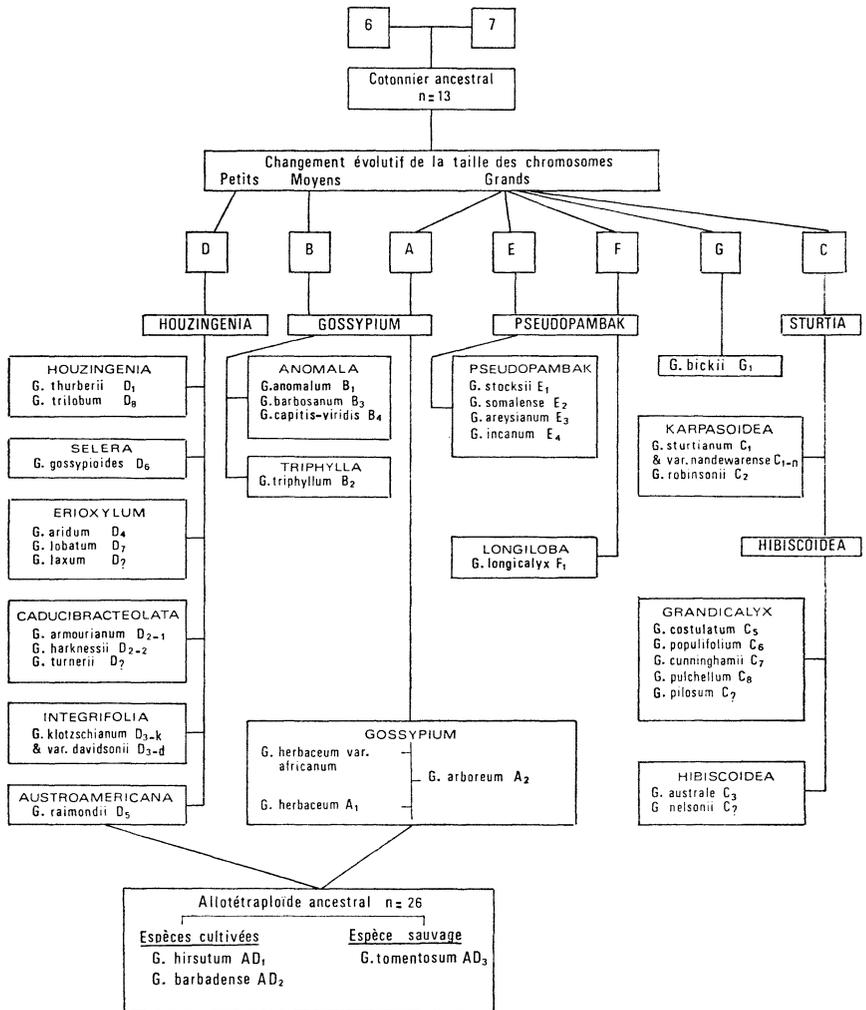


FIG. 44. — Évolution du genre *Gossypium*; carte mise à jour fin 1980.

RELATIONS CYTOGÉNÉTIQUES ENTRE ESPÈCES.

Connaître les relations cytogénétiques qui lient les espèces de cotonniers se révèle particulièrement utile pour comprendre les tendances évolutives du genre, mais surtout pour évaluer les possibilités de transfert interspécifique des caractères utiles présents chez les espèces sauvages ou primitives et, en particulier, toutes les formes de résistances : aux climats, aux maladies, aux insectes, etc. On estime les homéologies¹ chromosomiques par le taux d'appariement à la métaphase I de la méiose des hybrides F₁ entre espèces ainsi que par la fréquence d'apparition de multivalents² et les rapports de ségrégations de gènes marqueurs chez les dérivés allopolyploïdes³ fabriqués artificiellement. De nombreuses combinaisons hybrides entre espèces diploïdes⁵ de *Gossypium* les mieux connus ont été analysées, en particulier toutes celles fournissant des graines viables ou des plantes fertiles.

Comme on le voit dans la fig. 44 les génomes du cotonnier sont bien différenciés : A et B sont très proches, tandis que E est le plus éloigné, l'élévation de la proportion d'univalents⁴ par cellule (ou la diminution de la fréquence des multivalents chez les tétraploïdes⁵ obtenus par doublement du lot chromosomique) est l'indice de l'éloignement cytogénétique des espèces.

Pour ce qui concerne les deux espèces tétraploïdes cultivées *G. hirsutum* et *G. barbadense*, et surtout la première beaucoup plus répandue, elles ont fait l'objet de croisements systématiques avec les espèces diploïdes. On obtient alors des triploïdes⁵ généralement stériles, que l'on double pour créer les hexaploïdes⁵ plus fertiles. Les résultats de ce travail, portés sur le tableau VII, sont parfois cumulés pour les espèces constitutives d'un génome. Parmi toutes les espèces testées du génome D on voit que *G. raimondii* (D₅) présente les affinités cytologiques les plus étroites avec les cotonniers tétraploïdes. On peut aussi évaluer plus précisément les relations entre cotonniers tétraploïdes par leur croisement avec un testeur commun, telle l'espèce diploïde

1. *Homéologie* : terme correspondant à des chromosomes partiellement homologues bien que situés dans des génomes différents.

2. *Multivalents* : association de plus de 2 chromosomes généralement homologues.

3. *Allopolyploïdes* : cellule ou individu constitué de génomes non homologues.

4. *Univalents* : un seul chromosome non apparié lors de la première division méiotique.

5. *Ploïdie* : nombre de génomes d'une cellule ou d'un individu, que ces génomes soient ou non homologues (haploïde = 1x, diploïde = 2x, triploïde = 3x, tétraploïde = 4x, hexaploïde = 6x).

TABLEAU VII

Associations chromosomiques chez les hybrides intergénomiques

HYBRIDES	ESPÈCES DIPLOÏDES		ESPÈCES TETRAPLOÏDES	
	Univalents par cellule	Chiasmata par bivalent	Multivalents par cellule	Ségrégation en pourcentage de récessif
A × B.....	2,82	1,43	1,9	1,2
A × C.....	10,46	1,19	0,85	0,5
A × D.....	11,70	1,10	0,19	0,4
A × E.....	17,13	1,12	—	—
B × C.....	11,17	1,11	0,21	—
B × D.....	18,10	1,07	0,13	0,3
B × E.....	22,35	—	—	—
C × D.....	11,28	1,15	0,25	—
C × E.....	24,68	1,01	—	—
D × E.....	25,15	1,—	—	—

TABLEAU VIII

Associations chromosomiques chez les triploïdes et hexaploïdes synthétiques (d'après Southern Cooperative series, bull. 139, 1968)

HYBRIDES	TRIPLOÏDES		HEXAPLOÏDES	
	Univalents par cellule	Chiasmata par bivalent	Multivalents par cellule	Ségrégation en pourcentage de récessif
AD × A.....	13,20	1,89	7,15	14,5
B.....	26,91	1,07	0,91	0,4
C.....	26,81	1,03	0,75	0,3
D ₁	13,56	1,83	3,61	3,—
D ₂₋₁	13,94	1,76	3,96	5,5
D ₂₋₂	13,55	1,75	3,65	5,5
D ₃	13,44	1,79	3,96	4,8
D ₄	13,35	1,86	3,48	4,5
D ₅	13,07	1,95	6,16	10,—
D ₆ *.....	20,95	1,40	1,13	1,4
D ₇	13,21	1,89	3,66	4,—
E.....	37,90	1,—	0,19	—
F.....	22,25	1,17	2,0	—

* Partiellement asynaptique (*).

6. *Asynaptique* : se réfère au non appariement de chromosomes homologues durant la première division méiotique.

G. triphyllum : l'appariement est en effet plus élevé chez *G. hirsutum* × *G. triphyllum* et *G. tomentosum* × *G. triphyllum* que chez *G. barbadense* × *G. triphyllum* ; or, aucune différence de comportement n'apparaît chez les hybrides F_1 résultant du croisement entre les trois tétraploïdes pris deux à deux.

IDENTIFICATION DES CHROMOSOMES.

Afin d'identifier chacun des 26 chromosomes (13 du génome A et 13 du génome D) de *G. hirsutum* on utilise des gènes marqueurs, dont le déterminisme génétique est connu, que l'on croise avec des plantes porteuses d'aberrations cytologiques comme des translocations, des monosomiques et des télosomiques.

Une translocation, trouvée chez des hybrides d'espèces ou provoquée à la suite d'irradiations (rayons X, rayons gamma, neutrons), résulte de l'attachement d'une fraction d'un chromosome à un autre chromosome non homologue. Dans la descendance autofécondée on peut récupérer la translocation à l'état homozygote, et ceci se traduit par la présence d'un quadrivalent. M. S. BROWN a consacré une partie de ses recherches à la création d'un tel matériel et on dispose maintenant des translocations qui touchent chacun des 26 chromosomes de *G. hirsutum*.

Un monosomique est une plante qui a perdu un chromosome ($2n - 1$, chromosomes). L'absence d'un chromosome particulier modifie souvent de manière caractéristique le phénotype normal de *G. hirsutum* et va parfois de pair avec une stérilité partielle. Plus d'une centaine de plantes de ce type ont été rencontrées en exemplaires multiples pour certains chromosomes, si bien que l'on ne possède toujours pas les 26 monosomiques possibles. Les monosomiques pour les chromosomes 1, 2, 4, 6 et 7 du génome A et 16, 17, 18 du génome D sont les plus fréquemment rencontrés et sont aussi les plus utilisés pour tenter de localiser les nouveaux gènes mutants. Des trisomiques ($2n + 1$) et des tétrasomiques ($2n + 2$) servent aussi pour la localisation chromosomique.

Un chromosome télosomique est caractérisé par l'absence totale d'un bras. Par sa fréquence de transmission dans le gamète femelle (cette aberration n'est généralement pas supportée par le pollen) on peut cette fois estimer la distance entre le gène mutant et le centromère.

Par diverses manipulations génétiques (croisement avec des espèces diploïdes du génome D par exemple) on arrive à déterminer si une nouvelle aberration chromosomique s'est produite dans le génome A ou bien dans le D. On sait aussi que ce sont les chromosomes A qui sont le plus fréquemment sujets à des aberrations,

lesquelles touchent d'ailleurs beaucoup plus souvent certains chromosomes que d'autres.

HYBRIDATION INTERSPÉCIFIQUE.

Il est expérimentalement possible chez le cotonnier, non seulement d'obtenir des hybrides où sont associés deux à deux tous les génomes connus, mais aussi de réaliser des juxtapositions plus complexes de génomes permettant de fabriquer une gamme étendue de combinaisons artificielles dont le niveau de ploïdie va de (2 x) à (6 x).

Le laboratoire de Cytogénétique de l'I.R.C.T. a entamé, il y a une vingtaine d'années, des études précises sur le problème de l'hybridation introgressive, études centrées sur l'importante espèce cultivée *G. hirsutum*.

L'hybridation des deux espèces cultivées *G. hirsutum* et *G. barbadense* paraît l'une des voies les plus prometteuses. Il est tentant de cumuler chez un hybride les potentialités de rendement élevé de l'une et les associations de belles caractéristiques de fibre de l'autre, d'autant que le croisement n'offre pas d'obstacles au niveau caryologique. Malgré les multiples tentatives la création de formes intermédiaires avait pratiquement toujours échoué. Kammacher (1965) a repris l'étude fondamentale de ce croisement. Il a ainsi confirmé l'homologie des chromosomes des deux espèces, proposé une explication des anomalies de fertilité constatées dans la descendance, mais a surtout démontré qu'il devait être possible d'obtenir des génotypes stables qui ne soient pas nécessairement une restitution des formules parentales. Schwendiman (1978) a réussi ensuite à obtenir par autofécondations successives la stabilisation de lignées hybrides qui constituent maintenant une collection d'une centaine de lignées très diversifiées, tant par leur morphologie que pour leurs caractéristiques agronomiques et technologiques. Certaines d'entre elles ont été analysées pour comprendre la transmission de gènes marqueurs, le déterminisme des anomalies de fertilité et l'hérédité de caractères quantitatifs utiles.

Une structure génétique analogue à celle du type ancestral de *G. hirsutum* a été reconstituée par la confrontation des génomes A et D avec leurs homologues encore présents aujourd'hui chez les espèces diploïdes asiatiques cultivées (type A) et sauvages américaines (type D). Comme pour le croisement cité plus haut la création d'un tel matériel offre des possibilités de recombinaison par allosyndèse⁷. La descendance de l'un des triple-hybrides

7. *Allosyndèse* : appariement entre chromosomes homéologues.

synthétiques réalisés, *G. hirsutum* × *G. arboreum* × *G. raimondii*, a été l'objet d'études théoriques consacrées pour l'essentiel aux problèmes liés à l'isolement reproducteur des espèces de *Gossypium* et aux moyens qu'il faut mettre en œuvre pour surmonter les obstacles rencontrés. Les hybrides ainsi obtenus constituent maintenant une importante fraction du matériel sélectionné en Côte-d'Ivoire, matériel qui a permis la création de nouvelles variétés actuellement diffusées dans divers pays.

L'usage comme source d'introgression de génomes (B, C, E ou F) non ancestraux des allotétraploïdes naturels de *Gossypium* pose un problème très différent des cas précédemment évoqués. En effet, leurs chromosomes n'ont que peu ou pas d'affinités avec ceux des cotonniers *G. hirsutum*, de sorte que les échanges de matériel génétique entre génomes ne peuvent que très secondairement reposer ici sur l'allosyndèse⁷. Poisson (1970) a consacré à ce problème une série d'études fondées sur l'analyse du croisement entre *G. hirsutum* et *G. anomalum* (génome B). Il a montré la possibilité de réaliser des additions et des substitutions en opérant à partir de chromosomes isolés de *G. anomalum*, dont l'incorporation s'accompagne de modifications caractéristiques du phénotype chez des individus receveurs. Schwendiman (1978) a examiné la descendance du croisement entre *G. hirsutum* et une espèce sauvage *G. stocksii* (génome E) très éloignée des cotonniers tétraploïdes. La conséquence, immédiate et d'ailleurs prévisible, de la confrontation de génomes fortement dissemblables est un appariement méiotique extrêmement défectueux. Il a ainsi fallu se limiter à des additions chromosomiques simples en espérant que certaines anomalies permettront le passage à des substitutions (partielles ou totales). Après dix générations d'autofécondations ce résultat vient d'être acquis pour certains chromosomes. Enfin la création de lignées d'addition disomique *G. hirsutum* × *G. stocksii* a rendu possible une confrontation avec celles issues du croisement *G. hirsutum* × *G. anomalum* permettant de tester les homéologies qui subsistent entre chromosomes répertoriés des espèces diploïdes.

Les mutants qualitatifs chez Gossypium hirsutum.

La recherche de mutants a été particulièrement développée chez l'espèce *G. hirsutum*. Nombre d'entre eux sont apparus spontanément dans la nature, d'autres à la suite d'hybridations interspécifiques. Si certains peuvent être considérés comme des curiosités, bien que permettant d'accroître les connaissances sur la carte chromosomique du cotonnier, d'autres ont une réelle importance économique et sont largement utilisés dans les pro-

grammes d'amélioration. L'hérédité de ces mutants est généralement simple, mono ou bifactorielle.

Parmi les mutants les plus intéressants citons :

— ceux agissant sur l'architecture de la plante : cluster (cl_1 , cl_2) entraînant un raccourcissement des entre-nœuds sur les branches sympodiales ; on les utilise pour la création de variétés destinées à être récoltées mécaniquement en raison de leur faible volume de végétation (photo 62) ;

— ceux qui affectent la forme de la feuille : cup leaf (cu), ragged leaf (Rg), strap leaf (s), lacinate leaf (L^{L1}) okra leaf (L^{O2}), superokra leaf (L^S) ; toutes ces feuilles ont une architecture lacinée, étroite, et sont plus pénétrables par les insecticides dont l'efficacité est rendue meilleure ;

— ceux liés à la forme des bractées : frego (fr), la bractée est réduite à d'étroites bandes de limbe situées de part et d'autre des nervures principales, qui ont tendance à devenir tubulaires ; withering bract (bw_1 , bw_2) qui se dessèchent et tombent à l'ouverture de la fleur ; ces deux formes ont une incidence comparable à celles des formes précédentes sur l'efficacité des traitements insecticides ;

— ceux qui affectent la coloration : de la plante c'est la pigmentation anthocyanique (R_1) d'intérêt très limité, la dominance permettant les études d'allogamie ; de la fibre, brown lint (Lc_1) dont l'usage était courant autrefois pour des confections artisanales en Afrique ; green lint (Lg) sans intérêt, le vert n'étant pas stable et ce caractère étant lié à une mauvaise résistance de la fibre et une faible production ;

— ceux de stérilité mâle (ms_1 à ms_{11}) : utilisés pour la constitution de F_1 et leur culture ultérieure pour profiter de l'hétérosis ;

— ceux qui affectent la pilosité : pubescent (H_1), pileux (H_2) de répartition et de structure de poils distincts ; smooth leaf (Sm_1 à Sm_3), couramment utilisés en sélection, entre autres contre les insectes piqueurs ;

— ceux qui sont sans glandes à gossypol (photo 63) ou glandless (gl_1 , gl_2) dont l'intérêt a été démontré dans la fabrication de farines comestibles ; sans nectaire ou nectariless (ne_1 , ne_2) à but anti-parasitaire, certains insectes délaissant ces cotonniers (photo 64).

Au lecteur désireux d'avoir des précisions sur l'ensemble des mutants nous conseillons la bonne monographie* de B. Cateland et J. Schwendiman (1976).

* Cf. bibliographie.

OBJECTIFS DE LA SÉLECTION

L'objectif de la sélection cotonnière est de créer une variété susceptible de donner, dans les conditions de culture du lieu auquel elle est destinée, une production rentable et une fibre de bonne qualité, ou de se substituer à la variété locale en apportant un gain au producteur ou à l'utilisateur de la fibre. Production et qualité sont des objectifs de sélection absolument indissociables puisque la fibre n'a une valeur quelconque qu'en fonction de ses produits de transformation en filature et tissage. Une production abondante d'une fibre de qualité médiocre difficilement commercialisable ne serait d'aucune utilité, ni pour le producteur, ni pour l'économie du pays où elle aurait été produite.

Les objectifs de sélection peuvent donc être classés en deux grands groupes suivant la nature des améliorations projetées :

— l'amélioration de la production qui adaptera dans les meilleures conditions le cotonnier au milieu écologique auquel il est destiné avec l'ambition que la zone considérée soit aussi vaste que possible ;

— l'amélioration de la fibre, produit textile, et de la graine, source de nombreuses utilisations dans l'alimentation humaine et animale (huile, tourteau, farines).

AMÉLIORATION DE LA PRODUCTION.

Croissance. Il existe une liaison positive entre le développement du cotonnier et sa production en coton graine. Toutefois il arrive un stade où sa taille peut avoir un effet dépressif sur la récolte par les effets secondaires qu'elle entraîne : pénétration des insecticides impossible au cœur de la végétation, limitation de la photosynthèse à la base de la plante et pourriture des capsules (photo 20). On peut influencer sur les techniques culturales pour tenter de réduire ce développement, mais la sélection peut également agir sur le génotype par le choix de descendance à moindre croissance.

On peut estimer la croissance par la hauteur moyenne d'une descendance à son complet développement ; un résultat plus précis mais uniquement comparatif peut être atteint dès le quatre-vingtième jour après le semis par le calcul de la dimension moyenne des entre-nœuds de la tige principale.

Précocité, tardivité. Ce sont généralement les conditions climatiques d'un lieu de diffusion d'une variété qui déterminent l'orientation à donner à la sélection. En effet, la période de

développement est limitée par l'alternance du froid et de la chaleur pour les climats tempérés, ou de l'humidité et de la sécheresse pour les zones tropicales. Nombreux autres facteurs peuvent influencer sur le choix, tels que les conditions particulières de sols ou de parasitisme, mais il est impossible d'en dresser l'inventaire tant ils sont variés. C'est donc en définitive au jugement du sélectionneur et aux résultats de ses expériences qu'il faudra avoir recours en dernière analyse.

Citons parmi les tests pour la détermination de la vitesse de croissance :

— la hauteur du nœud de la première branche fructifère à partir des cotylédons ; plus il sera de rang élevé, plus la tendance sera à la tardivité ;

— la date d'apparition de la première fleur ; plus le temps germination-ouverture de la première fleur sera court, plus la plante sera jugée précoce ;

— la comparaison entre la première récolte et l'ensemble de la récolte. On peut également l'estimer par la moyenne de la date d'apparition des trois ou cinq premières capsules.

Résistance aux maladies et ravageurs.

Le cotonnier est atteint par de nombreuses maladies qui constituent un facteur de baisse de rendement et de qualité. Des progrès marquants ont été réalisés dans la recherche de caractères de résistance à certaines de ces maladies. La résistance à la fusariose (*Fusarium oxysporum*) existe à présent dans un grand nombre de variétés et l'incidence de cette maladie a été considérablement réduite. Au cours de ces dernières années des lignées hautement résistantes au complexe Fusarium-Nematodes ont été obtenues en utilisant une race primitive de *G. hirsutum*. De bons niveaux de résistance à la verticilliose (*Verticillium dahliae*) ont été obtenus dans diverses variétés ; en U.R.S.S. il a été fait appel à *G. hirsutum* race *mexicanum* pour créer des variétés résistantes à la race de *Verticillium dahliae* la plus répandue dans ce pays. La bactériose à *Xanthomonas malvacearum* est l'une des maladies les plus répandues dans le monde ; des variétés présentant une résistance suffisante aux 18 races connues ont été divulguées aux U.S.A. De nombreuses variétés résistantes ont été par ailleurs créées par l'I.R.C.T. dans divers pays en utilisant l'ancienne variété américaine Allen. Des maladies moins largement répandues, mais qui peuvent avoir localement une grave incidence, sont également contrôlables par l'emploi de variétés résistantes. Ceci est vrai pour la mosaïque d'Amérique Centrale, maladie

à virus transmise par *Bemisia tabaci*, et pour celle d'Afrique Centrale ; la rouille du cotonnier, qui sévit dans le nord du Mexique, peut être également combattue.

Les recherches de caractères de résistance aux principaux parasites du cotonnier se sont beaucoup développées dans une période relativement récente. L'incorporation à la plante de caractères la rendant moins sensible au parasitisme devrait en effet permettre de réduire le nombre des traitements, les quantités d'insecticides utilisés et, par conséquent, les frais de production. Un certain nombre de caractères intéressants sont à présent connus, dont quelques uns ont été déjà incorporés dans des variétés commerciales. D'autres sont largement expérimentés et déboucheront probablement d'ici à quelques années sur des applications d'un grand intérêt.

Rendement en fibre.

La fibre représente près de 85 % de la valeur globale de la récolte en coton graine et si l'on cherche à valoriser l'huile et la farine extraites de la graine celles-ci resteront encore longtemps des produits de modeste valeur par comparaison à la fibre.

Le sélectionneur recherchera donc un pourcentage de fibre le plus élevé possible dans ses créations afin de valoriser la culture. Ce facteur est relativement facile à obtenir en sélection mais il demande une certaine attention en raison de sa liaison antagonique avec la longueur de la fibre.

Valeur de la graine utilisée comme semence.

Les facteurs de rapidité de germination, de dormance et d'énergie germinative ont tous une incidence directe sur la production puisqu'ils influenceront sur le nombre de plantes à l'hectare. Ils sont sélectionnables.

Résistance à la verse.

La tendance à la verse est une caractéristique que l'on observe sur certaines variétés. Elle est due en général à une faiblesse ou à un manque de rigidité du tronc principal. Les cotonniers en se couchant sur le sol provoquent une pourriture importante des capsules et rendent inefficaces les traitements insecticides ; la production s'en trouve affectée. La fibre arrivant à maturité dans des conditions difficiles (humidité élevée, pas de lumière) a tendance à se ternir, se tacher, d'où sa dépréciation. Enfin, la récolte étant plus difficile, donc plus lente, son coût est plus élevé, diminuant ainsi la rentabilité de la culture.

Port de la plante.

Il est choisi en fonction de la culture effectuée. En culture récoltée mécaniquement on recherche des plantes à branches fructifères peu développées, voire « cluster ».

AMÉLIORATION DE LA QUALITÉ.

Les caractéristiques de la fibre et de la graine sont toutes, ou presque, de nature génétique et donc susceptibles d'être améliorées par la sélection. On doit cependant noter qu'elles sont fortement influencées par les conditions culturales.

Caractères intrinsèques de la fibre.

Ils sont étudiés dans la troisième partie de ce livre où nous verrons également l'incidence très importante que peuvent avoir les conditions de culture, de récolte et de son usinage sur la qualité de la fibre. L'ensemble de ces conditions peut même prendre une importance très supérieure à celle des améliorations que l'on pourrait apporter par sélection d'une variété. L'amélioration des qualités de la fibre ne peut donc être rentabilisée que par un effort rationnel sur tous les moyens de production de coton.

Principaux caractères transmissibles à des variétés cotonnières :

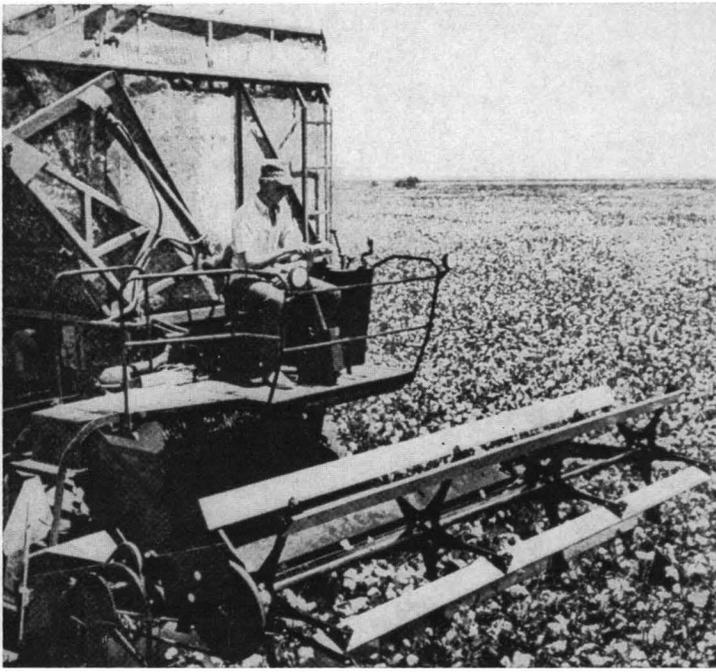
- longueur de la fibre,
- finesse,
- tenacité,
- allongement,
- couleur.

D'autres facteurs ont également un intérêt pour la qualité de la récolte mais ils sont fortement influencés par les conditions de milieu. C'est le cas de :

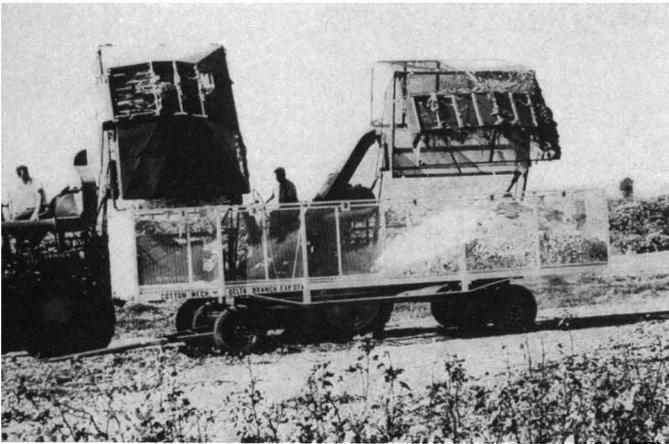
- l'homogénéité de la fibre,
- la maturité de celle-ci,
- la brillance,
- la nepposité.

Caractères intrinsèques de la graine.

L'huile est de longue date utilisée en alimentation humaine. Elle varie dans de notables proportions selon les espèces de



PH. 35. — « Cotton combine » pour récolte de culture à haute densité.



PH. 36. — Les récolteuses déversent leurs réservoirs dans des remorques conduites ensuite à l'usine d'égrenage (I.R. C.T.).

PH. 37. — Stockage du coton graine sur des claies en hauteur (savane sèche) (C.F.D.T.).



PH. 38. — Arrachage manuel des cotonniers avant brûlage (I.R.C.T.).



PH. 39. — Destruction des cotonniers par gyro-broyeur (I.R.C.T.).

PH. 40. — Incorporation au sol des cotonniers détruits et des restes végétaux au sol (C.E.E. M.A.T.).



Gossypium et les variétés. A l'heure actuelle la richesse en huile de la graine est prise en considération dans les choix variétaux car elle participe à la valeur économique de la récolte. La richesse en huile d'une graine de coton délintée et à 0 % d'humidité, dans une variété de *G. hirsutum*, se situe entre 18 et 27 % en analyse de laboratoire ; elle est très supérieure à la teneur en huile obtenue au stade industriel où diverses pertes sont inévitables.

Une bonne valeur moyenne des caractères de la graine est donnée dans le tableau IX.

TABLEAU IX

Pourcentage de la teneur en huile et protéines d'une graine délintée à 0 % d'humidité

Espèces	Huile	Protéines
<i>G. hirsutum</i>	20	21
<i>G. barbadense</i>	24	20
<i>G. arboreum</i>	18	17
<i>G. herbaceum</i>	16	17

Quelle que soit l'opinion que l'on puisse avoir sur les **farines de coton** dans l'alimentation humaine, elles prendront une valeur économique dans un avenir plus ou moins proche, et l'on recherchera les variétés les plus riches en protéines. A l'heure actuelle on n'a pas encore pris ce critère en considération comme base de choix en sélection.

Caractère « stormproof ».

Les capsules s'ouvrent très peu et le coton graine est ainsi partiellement protégé des pluies qui tachent la fibre et du vent qui le fait tomber au sol.

LIAISONS ENTRE CARACTÈRES DE SÉLECTION.

Comme nous l'avons mentionné en cytogénétique et dans les objectifs de la sélection les difficultés de l'amélioration du cotonnier proviennent en premier lieu du nombre élevé des caractères qui peuvent être améliorés. En outre, si de nombreux caractères sont indépendants, d'autres sont liés entre eux par des corrélations.

lations positives ou négatives. Seuls les caractères liés négativement les uns aux autres présentent des difficultés sur le plan de la sélection puisque l'amélioration de l'un aura une influence dépressive sur l'autre. C'est le cas de la longueur de la fibre et du rendement à l'égrenage, de la résistance et de l'allongement de la fibre, du rendement à l'égrenage et de la grosseur de la graine ; cette énumération est loin d'être exhaustive.

MÉTHODES DE SÉLECTION

L'amélioration des cotonniers consiste à créer des variétés susceptibles d'apporter des caractères répondant aux exigences de l'industrie textile en progrès techniques constants.

Pour créer ces variétés on devra transmettre durablement à des cotonniers possédant certains caractères les qualités désirées. L'ensemble des manipulations nécessaires pour atteindre cet objectif, ainsi que les conditions dans lesquelles sera poursuivie la sélection, doivent répondre à des buts précis. Nous traiterons ici des principales méthodes utilisées le plus couramment en amélioration cotonnière.

SÉLECTION MASSALE.

Cette méthode de sélection est généralement utilisée pour apporter une amélioration rapide à une population, épurer une variété ou conserver un noyau d'une variété indemne de mélanges.

La méthode simple consiste la première année à choisir dans la population de base un certain nombre de plantes correspondant au type que l'on s'est fixé de multiplier. Leurs récoltes sont égrenées après mélange et le noyau de graines ainsi obtenu est semé l'année suivante. On peut répéter cette opération plusieurs années de suite pour acquérir un noyau stable.

Une variante de cette méthode consiste à analyser les qualités de la fibre des plantes choisies avant de les mélanger en vue de constituer le noyau massale de l'année suivante.

Cette sélection est encore utilisée, en particulier pour conserver ou améliorer certains cultivars.

SÉLECTION GÉNÉALOGIQUE.

Le but de cette sélection est de créer une variété à partir d'une plante choisie pour ses caractères intéressants. Cette plante peut avoir de très nombreuses origines : sélection massale, hybrides, plantes rencontrées par hasard dans un champ, en un mot dans toutes les circonstances de travail.

Elle est semée l'année suivante en première génération et on procède à une récolte type de la descendance (photo 67). Cette récolte consiste, par exemple, à prendre au moment de la récolte principale une capsule choisie dans la partie médiane de chaque plante de la descendance. Le poids total des capsules permet de calculer le poids moyen capsulaire. On prélève dans chaque capsule une loge qui servira à déterminer les caractères technologiques de la lignée, le reste des capsules étant égrené pour la détermination du rendement fibre pourcent. Il existe d'autres méthodes de prélèvement et d'analyse de récolte type.

L'autofécondation doit être décidée en fonction du taux d'allogamie des cotonniers de la région de sélection (photo 65). Pour sa détermination on utilise des variétés possédant des caractères récessifs (par exemple glandless), ou dominants (pigmentation rouge) cultivées en mélange avec une quelconque variété. Un test permettra de fixer le pourcentage de croisements naturels de l'année (graines à glandes ou plantules colorées).

Au vu des résultats technologiques obtenus par l'analyse de la fibre et des observations recueillies en cours de végétation, on décide si la descendance doit être ou non conservée. Dans l'affirmative on choisit des plantes individuelles (souches ou pieds-mère) dans cette descendance. L'année suivante chaque production d'un pied-mère est semée ; on peut également envisager l'analyse des souches pour ne conserver que les meilleures.

La récolte type de la deuxième génération permet dans les mêmes conditions que précédemment de déterminer les caractéristiques de la fibre auxquelles s'ajoute le poids de 100 graines ou seed-index. Les lignées sans valeur ou possédant des défauts sont éliminées. Dans chacune des descendances conservées on répète le choix de pieds-mères, dont la production en graines est ressemée sur une ligne en troisième génération.

La sélection se poursuit ainsi jusqu'à ce que toutes les descendances d'une année donnent des caractéristiques identiques l'année suivante aux approximations des résultats près. On peut estimer entre cinq et sept ans le temps nécessaire pour obtenir une variété nouvelle par cette méthode.

Comme base de comparaison on adjoint aux descendances un témoin dont la culture, les observations et les analyses sont conduites identiquement à celles de la sélection. On réserve généralement ce rôle à la variété locale que l'on cherche à améliorer ou remplacer.

L'analyse de la qualité de la fibre des cotonniers doit nécessairement s'accompagner d'une estimation de la production des diverses descendances composant le choix de l'année antérieure. Le sélectionneur ne possédant généralement qu'une faible quantité

de semences peut, par exemple, inclure sa sélection dans un dispositif expérimental ne demandant qu'un nombre réduit de répétitions. Sur l'une d'elles seront poursuivies observations et autofécondations (éventuellement). L'interprétation des résultats de production apportera une indispensable précision pour le choix des descendances à conserver sur le plan agronomique.

A noter enfin que cette sélection doit être obligatoirement accompagnée d'observations à tous les stades du développement du cotonnier : floraison, capsulaison, résistance et sensibilité au climat, aux déprédateurs, caractéristiques morphologiques, croissance, etc.

L'ensemble des travaux d'analyse et d'observation permettra de juger les caractères qui se renouvellent et ceux qui sont exceptionnels mais qui peuvent avoir une importance. Leur connaissance facilite la description exacte de la nouvelle variété créée (photo 66).

SÉLECTION MASSALE-PEDIGREE.

Ce type de sélection a été conçu et décrit par Harland en vue de l'amélioration du coton Tanguis au Pérou. Il a été ensuite adapté par de nombreux chercheurs pour améliorer d'autres variétés et espèces dans des conditions différentes.

Sans entrer dans les détails de la théorie d'Harland rappelons qu'il prétend que des descendances possédant des gènes de vigueur à l'état hétérozygote présentent un avantage considérable sur une lignée possédant les mêmes gènes à l'état homozygote ; en outre, d'après l'auteur, la lignée pure n'est pas nécessaire pour obtenir une fibre d'une bonne qualité et d'une bonne homogénéité commerciales. Pour conserver une certaine hétérogénéité aucune autofécondation n'est pratiquée en cours de sélection. Cette méthode de sélection n'est réalisable que dans les régions où le taux d'allogamie n'est pas négligeable ; son utilisation a été positive au Togo pour l'amélioration du cotonnier *Mono (G. barbadense)* et à Bouaké (Côte-d'Ivoire) pour la création des variétés 444.2, L. 299-10 et L. 231-24. Nous avons nous-mêmes obtenu un très bon résultat en sélection (Karnak 55) d'une population de Karnak (*G. barbadense*) introduite en Algérie, tandis qu'en Amérique Centrale (El Salvador), où l'autogamie des cotonniers est quasi absolue, les résultats ont été décevants.

Ce schéma autorisant d'éventuels échanges de gènes entre plantes, tout en gardant le principe de l'étude de la descendance, a été adopté pour l'exploitation des hybrides HAR (*G. hirsutum* × *G. arboreum* × *G. raimondii*) à Bouaké (Côte-d'Ivoire) que nous allons prendre comme exemple type de sélection massale pédigrée.

Rappelons en préliminaire que le triple hybride HAR a été recroisé deux fois avec les variétés américaines Acala 444.2 (1956) et Acala 1517 (1957). Certaines des lignées obtenues ont subi un troisième croisement de retour avec une variété africaine Allen 333-57 et d'autres ont été recroisées avec Allen puis suivies en sélection généalogique et recroisées une à deux fois avec Acala 444.2. Chacune des descendance par type de croisement a formé la population d'origine de variabilité importante dans laquelle la sélection a débuté.

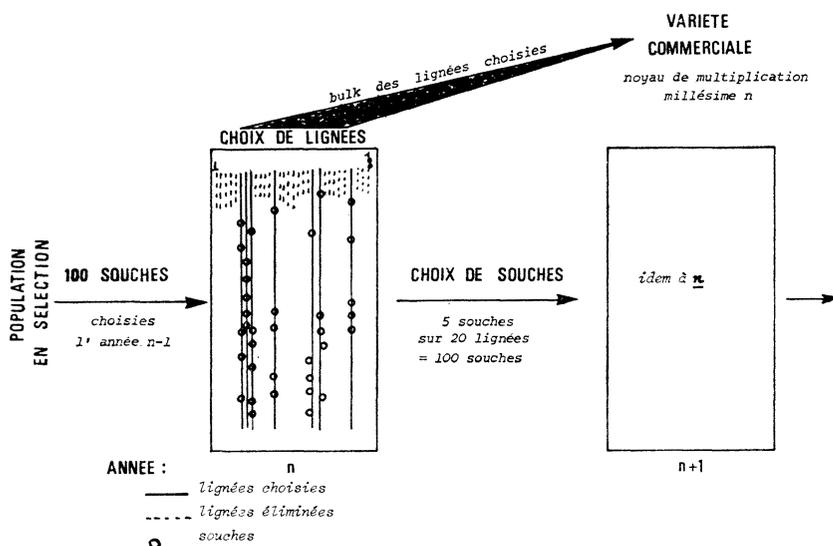


FIG. 45. — Schéma de sélection pedigree massale en Côte d'Ivoire

La méthode consiste à effectuer un choix de plantes à l'intérieur d'une population en fécondation libre. La descendance de ces souches est mise en observation selon un dispositif statistique et constitue la population de lignées à l'intérieur desquelles s'effectuera une nouvelle sélection. Les meilleures lignées sont ensuite mélangées pour donner le noyau de multiplication de la variété commerciale.

Dans le schéma d'amélioration, la population à l'étude se compose de 100 lignées de 60 plantes chacune comparées dans un essai à trois répétitions selon le dispositif en lattice 10×10 .

Le premier stade de la sélection tient compte des observations effectuées durant le cycle, de l'importance de la floraison, de la précocité et de la production. L'élimination porte sur environ 70 % des composants de la population.

Dans un deuxième temps les lignées conservées sont analysées plante par plante pour l'ensemble des critères agronomiques et technologiques. Au stade ultime le matériel finalement retenu est représenté par les cinq meilleures plantes des 20 meilleures lignées.

L'année suivante les 100 individus ainsi choisis constitueront la base d'un nouveau cycle de sélection et les descendances de chacune des 20 lignées parentales seront testées dans un micro-essai et comparées à plusieurs témoins : les variétés commerciales et deux bulks représentatifs des sélections des deux années précédentes.

Parallèlement à cette expérimentation les 20 lignées retenues seront semées en mélange pour constituer éventuellement la nouvelle variété commerciale. Celle-ci portera le nom de l'ascendant dont la représentation est majoritaire, auquel s'adjoint le millésime de la vague de sélection (exemple L 299-10-75).

L'amélioration cotonnière en Côte-d'Ivoire doit tenir compte simultanément de plusieurs critères agronomiques et technologiques prioritaires. La sélection se heurte donc, non seulement au nombre de caractères à améliorer, mais aussi à leur interdépendance très souvent néfaste. Aussi pour les 100 lignées de la population l'analyse de la variance est effectuée chaque année sur les caractères essentiels. Le choix se porte sur les types moyens et évidemment supérieurs, plutôt que sur les types extrêmes mais affectés de corrélations antagoniques difficiles à surmonter.

Lors des analyses individuelles il convient de s'efforcer de détecter, parmi les lignées choisies, les plantes réalisant les meilleures combinaisons susceptibles de minimiser les liaisons défavorables. Le crible porte en premier lieu sur l'élimination des individus statistiquement inférieurs à la moyenne, la sélection finale se faisant dans la mesure du possible sur les plantes supérieures pour au moins une caractéristique.

A ce stade il est difficile de discerner les influences respectives du génotype et de l'environnement dans la réalisation du phénotype, et certaines plantes retenues peuvent bénéficier d'une interaction favorable avec le milieu. Ces types, non conformes, seront éliminés lors de l'examen de leur descendance l'année suivante. Le choix systématique de cinq plantes par lignée limite le risque de perdre un génotype intéressant.

Dans le dispositif statistique de sélection on peut prévoir d'inclure la variété commerciale de multiplication représentée par le mélange des lignées choisies l'année antérieure.

En conclusion cette méthode se révèle très souple car dans l'éventualité de changements d'orientation on peut espérer que l'absence de sélection pour les nouveaux critères aura laissé intacte

la variabilité d'origine, donc toutes les chances pour acquérir de nouveaux caractères de qualités et de production de fibre.

CROISEMENTS DIRIGÉS.

On peut envisager dans les croisements destinés à tenter d'associer des caractères distincts présents sur des parents différents une poursuite de l'amélioration sous plusieurs formes.

Croisements simples.

La sélection sera conduite sous la même forme que la sélection généalogique ; toutefois étant donné que les parents sont connus et que l'on recherche la combinaison de caractères dans une descendance, le dispositif doit prévoir comme témoins la variété de grande culture de la région et si nécessaire le parent le plus important du croisement.

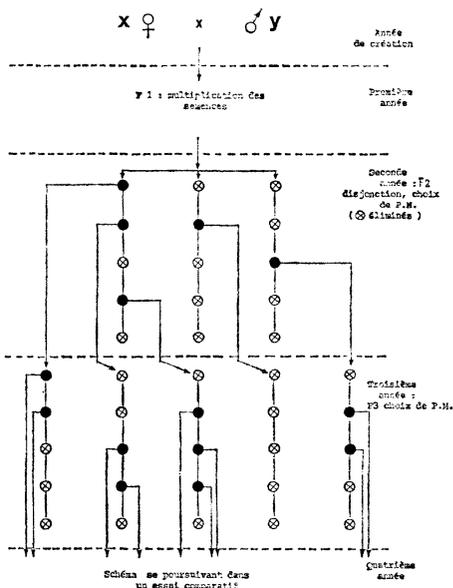


FIG. 46. — Schéma de départ de sélection par croisement simple.

Croisements de retour ou back-cross.

Cette méthode de sélection est indiquée lorsqu'on désire transférer un caractère commandé par un gène unique ou un petit

nombre de gènes à une variété présentant un ensemble de qualités intéressantes. Ce peut être le cas des caractères décrits précédemment dans le paragraphe des mutants que l'on désirerait transférer à une variété locale de bonne productivité. Ce peut être aussi le cas de variétés possédant une particularité exceptionnelle que l'on voudrait transférer à un cultivar connu. Lorsqu'on utilise cette méthode il est essentiel que les hybrides soient croisés avec une vaste population du parent récurrent afin de se préserver une certaine plasticité du matériel végétal à améliorer. Ce système a été très largement utilisé et l'est encore pour la création de nouvelles variétés, particulièrement depuis la création des hybrides synthétiques *G. hirsutum* × *G. arboreum* × *G. raimondii* (HAR) qui ont apporté une très grande diversité de caractères intéressants.

La sélection est conduite d'une façon identique à la sélection pedigree, mais étant donné que l'un des parents ne représente qu'un donneur de gène sans autre importance le dispositif peut ne conserver comme témoin de comparaison que la variété locale à remplacer. Cette sélection passe par toutes les étapes décrites précédemment : récolte type, analyse productive (essais comparatifs) analyse qualitative (laboratoire des fibres) choix de souches et observations au champ.

PANMIXIE.

La panmixie est un moyen imaginé par les sélectionneurs pour recréer artificiellement une hétérogénéité dans leur matériel végétal.

Ce système prévu pour les plantes du type allogame complet a été adapté au cotonnier qui est partiellement autogame. L'adaptation a consisté à réaliser des croisements dans tous les sens entre un certain nombre de variétés.

La méthode prévoit le choix d'un nombre de constituants non limité. On les sème en lignes ou poquets individuels répétés plusieurs fois (fig. 47). Le dispositif expérimental doit être tel que tous les voisinages variétaux soient représentés. Durant la première année on féconde chaque plante avec l'une de ses voisines en changeant de partenaire chaque jour. Les fécondations sont réalisées au pinceau sans le nettoyer afin d'augmenter l'hétérogénéité. A la fin de la campagne on regroupe sans distinction la production des croisements des plantes A, la production des plantes B, etc. L'année suivante le schéma est répété.

On peut, dans un but de simplification lorsque le nombre de variétés composantes est élevé, mélanger les semences de celles-ci et les semer indistinctement en lignes. Les croisements se feront dans ce cas entre les plantes des lignes voisines sans distinction.

On récolte les croisements globalement et le dispositif est répété l'année suivante. Ce schéma de panmixie sera cependant moins rigoureux que le précédent si l'une ou plusieurs des variétés possède une énergie germinative plus élevée ou moins bonne que les autres. Elle risquera dans un cas d'être conservée de préférence aux autres au moment du démariage (plantes vigoureuses) ou dans l'autre cas de disparaître des variétés composantes (plantes chétives).

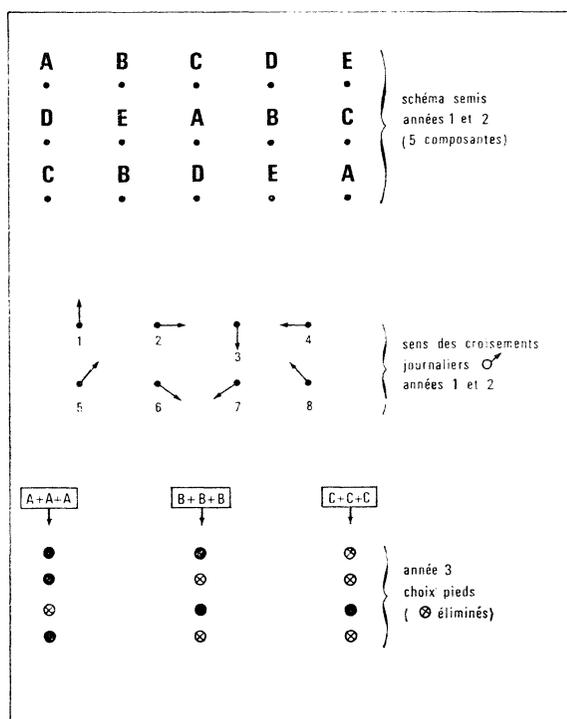


FIG. 47. — Constitution d'une panmixie avant le départ de sélection.

Ce n'est qu'à partir de la troisième campagne cotonnière que la **sélection de la panmixie** débutera en choisissant des souches dans chacune des descendance et en les analysant. Celles qui seront conservées (association de plusieurs caractères) formeront le départ de sélection de la panmixie. La méthode utilisée à ce stade sera celle de la sélection généalogique sans autofécondation, mais poursuivie en parcelle isolée si le taux d'allogamie est élevé.

Cette méthode du croisement non contrôlé d'un grand nombre de variétés a été par exemple utilisée à Bébedjia (Tchad) où elle a permis, entre autres, l'obtention des cultivars Pan 575 et Pan 3492 (photo 67).

MUTAGENÈSE.

Cette technique consiste, par des moyens artificiels, à provoquer des mutations qui seront ensuite transférées sur d'autres plantes en vue de l'amélioration variétale. La mutagenèse a été utilisée de longue date, mais elle est entrée plus récemment dans le domaine de la recherche appliquée au cotonnier.

La mutation des *Gossypium* est provoquée, soit par des substances chimiques, soit par des moyens physiques. Dans le premier cas la technique consiste à tremper les graines dans des produits à concentration donnée durant un temps déterminé. Ces semences donnent des mutants caractérisés par des facteurs affectant le potentiel quantitatif de la plante (précocité, production) ou la qualité d'autres facteurs (réduction de taille, grosseur des capsules et de la graine, rendement en fibre, résistance à certaines maladies, etc.). Parmi les produits dont on a connaissance citons l'éthylenimine (EI), la nitroso ethylurée (NEU) et nitroso méthylurée (NMU), le diméthylsulfate, la colchicine. Dans le cas des moyens physiques la technique consiste à irradier les graines, les plantes, les boutons floraux à différents âges, les jeunes capsules, le pollen, durant un temps et avec une intensité variable pour obtenir des mutations utiles dont le taux peut atteindre 12 % dans certains cas. Citons parmi ces moyens ceux qui ont déjà présidé à la création de nouvelles variétés : rayons gamma, rayons X, phosphore radioactif, neutrons. Les résultats obtenus intéressent la précocité, la grosseur des capsules, la qualité de la fibre, la rupture de certaines corrélations négatives défavorables et la création de résistance à diverses maladies telles le wilt, la verticilliose et la bactériose.

Ces travaux de préparation à la sélection sont encore peu courants. Il semble cependant que les résultats encourageants mentionnés par les Russes pourraient inciter à étendre les recherches dans ce domaine pour l'amélioration de variétés déficientes pour tel ou tel caractère.

COMPOSITES.

Il est généralement difficile pour le sélectionneur de réunir dans une même variété l'ensemble des caractères qui lui permettraient de répondre au mieux aux besoins des utilisateurs. Tel ou tel point faible subsiste fréquemment dans les nouvelles créations, constituant un obstacle à leur diffusion. On a souvent aussi constaté la vulnérabilité d'une variété donnée aux conditions particulières d'une année.

L'hypothèse faite au départ est que l'emploi de mélanges de variétés appelés composites, par similitude avec la définition du mot français, pourrait permettre d'éviter ces inconvénients. Il serait théoriquement possible de composer ces mélanges de telle sorte que la moins bonne performance d'un des constituants sur un point donné soit compensée par le meilleur niveau d'un autre pour le même caractère, et de doser en quelque sorte la constitution d'un composite de manière à obtenir le niveau désiré pour chaque caractère. Des composites devraient, d'autre part, se montrer plus flexibles vis-à-vis des variations de conditions de milieu et de culture que de simples variétés en raison des possibilités de compensation entre leurs différents constituants. Enfin, il serait possible d'ajuster rapidement la composition d'un composite, de manière à l'adapter à l'évolution des besoins de la production ou de la commercialisation.

Cependant un composite lancé en grande culture est naturellement appelé à évoluer en fonction, en particulier, des croisements naturels entre ses constituants. Théoriquement il devrait y avoir une variation très faible des caractéristiques des composites dans les pays à faible taux d'allogamie si la production de chaque composante se situe à un niveau à peu près similaire. Un composite présente l'inconvénient de ne pas avoir un type morphologique bien défini et facilement identifiable, ce qui pourrait rendre difficile le contrôle de la multiplication. Enfin on pourrait craindre que l'hétérogénéité voulue des caractères destinés à se compenser puisse nuire à la valeur commerciale de la fibre.

Il est apparu dans les études assez récentes qui ont été faites que ces craintes ne sont pas fondées, tout au moins en ce qui concerne l'hétérogénéité de la fibre, les variations dues aux conditions de la culture et de milieu dans une variété homogène étant plus élevées que celles des constituants du composite. D'autre part remarquons que les sélectionneurs, notamment ceux de l'I.R.C.T., ont fréquemment fait appel à l'utilisation de mélanges de lignées de mêmes origines, réussissant ainsi à tirer parti de descendance de croisements qui n'auraient individuellement jamais pu déboucher sur une grande diffusion. C'est le cas notamment de SR1F4-71, de MK 73 et Tomo 73.

Dans une étude récente de composites dans cinq pays africains où le taux d'allogamie varie entre 10 et 20 %, il est apparu que les résultats des nombreux essais comparatifs permettent de penser que le comportement agronomique et les caractéristiques technologiques de la fibre après plusieurs années de culture peuvent apparaître comme des concurrents valables des variétés classiques utilisées. Aucune anomalie n'a été notée dans les caractéristiques de filature et les résistances à la rupture

obtenues correspondent bien à ce que l'on attendait de ces composés (moyenne des composantes).

Dans le cadre des systèmes de multiplication des semences utilisées en Afrique francophone la diffusion de composite ne présente pas de difficultés particulières puisque, avec un mélange de départ de 250 kg de semences, les graines parvenant en cinquième ou sixième année de culture ne seraient plus utilisées comme semence.

Quel que soit le pays où l'on adopterait cette technique, il conviendrait seulement de maintenir un noyau pur de chaque variété constituante afin de pouvoir recréer le premier stade de composite adopté.

L'utilisation de composites a déjà été pratiquée avec succès au Cameroun (LYL 35) et au Tchad (BMS 555) en particulier.

L'origine des variétés composantes est indifférente ; elles peuvent avoir été créées par l'une ou l'autre des méthodes de sélection décrites précédemment pourvu qu'elles manifestent une certaine stabilité des caractères pour lesquels elles ont été retenues.

COTONNIER HYBRIDE DE PREMIÈRE GÉNÉRATION.

La vigueur des hybrides est un phénomène observé de longue date puisqu'il a été signalé sur le tabac dès 1763 ; son étude n'a pris une grande ampleur sur les végétaux que depuis 1908 et ses applications pratiques sont récentes (maïs hybride).

Il y a manifestation de vigueur hybride lorsque la descendance d'un croisement possède une ou plusieurs caractéristiques supérieures à celles du meilleur parent. Cette vigueur s'extériorise avec le maximum d'intensité en F_1 .

Les études récentes sur cotonnier font apparaître la complexité des causes de vigueur des hybrides ; à travers les résultats obtenus il est bon de retenir l'importance particulière que prend le choix des parents. Certains génotypes ou populations ont des tendances générales à donner de bons hybrides quel que soit l'autre parent (aptitude à la combinaison), d'autres ne possèdent cette aptitude que croisés avec certaines espèces ou cultivars (aptitude spécifique à la combinaison) ; enfin certains génotypes ne possèdent aucune aptitude particulière pour la manifestation de l'hétérosis.

Pour l'utilisation de ce phénomène en vue d'améliorer la production cotonnière le sélectionneur se trouve confronté à des difficultés génétiques pour le choix des parents susceptibles de donner les meilleurs résultats. La culture de cotonniers hybrides en Inde étant une réalité on peut donc penser que ce n'est pas un problème insurmontable à résoudre. Par contre la production

des semences par des moyens naturels de croisement n'a pas encore été parfaitement résolue à ce jour. Le fait que le genre *Gossypium* soit partiellement allogame pose en effet le problème de la suppression de son autogamie pour obtenir les combinaisons parentales souhaitées. Les chercheurs ont tenté de rendre l'un des parents mâles stérile par l'utilisation de produits gamétocides, sans succès satisfaisant à l'heure actuelle. Ils poursuivent actuellement des travaux en vue de résoudre le problème de la transmission génétique de la stérilité, sans résultats totalement applicables dans la pratique.

Actuellement la production de semences hybrides, vulgarisée en Inde, n'a trouvé de solution satisfaisante que par l'emploi de la fécondation artificielle couramment utilisée en sélection cotonnière : castration de la fleur puis fécondation. Cette technique n'est pas applicable dans les pays à main-d'œuvre rare ou de coût élevé.

L'utilisation de la vigueur des hybrides n'est donc pas encore une technique convenablement maîtrisée. Les recherches se poursuivent sur le plan mondial, I.R.C.T. compris, sur les hybrides de première génération ; le programme des U.S.A. est particulièrement important.

LES VARIÉTÉS COMMERCIALES

Dans la Cinquième Partie de ce livre traitant de la culture dans les divers pays du monde sont notées les variétés actuelles les plus répandues.

Nous nous proposons de voir plus en détail celles qui furent créées en Afrique francophone par ou avec le concours de l'I.R.C.T. A l'origine de ces variétés on retrouve quatre grands fonds génétiques et les apports de diverses variétés américaines (fig. 48).

Fonds Allen.

L'Allen est une introduction de Nigeria (1945) qui fut d'abord à l'origine de nombreuses variétés dans les années 1955 à 1970. Celles-ci, associées à d'autres fonds génétiques, ont contribué à la plupart des variétés suivantes. Parmi les caractères de l'Allen d'origine on peut citer :

- résistance totale à la bactériose (*Xanthomonas malvacearum*) due au gène majeur B₉ et à plusieurs gènes mineurs ;
- tolérance à la mosaïque du Tchad transmise par *Bemisia*,
- rendement à l'égrenage élevé.

Fonds N'Kourala.

Originnaire de l'Afrique Occidentale le N'Kourala a une parenté controversée avec la race *punctatum* du *G. hirsutum* d'utilisation très ancienne. Il a participé à la création de nombreuses variétés nouvelles apportant :

- sa résistance à la bactériose (gènes B_2 et B_3),
- ses qualités de fibre très diverses.

Fonds Triumph.

Descendance directe du Triumph Big Boll, introduite en Afrique centrale dès 1918, elle était devenue très hétérogène. Plusieurs variétés africaines anciennes sont directement issues de cette population. Le caractère « grosse capsule » se retrouve dans la variété BJA 592. Des rendements à l'égrenage élevés ont également été obtenus à partir de ce fonds Triumph.

Fonds HAR.

Issu du croisement trispécifique *G. hirsutum* × *G. arboreum* × *G. raimondii*, réalisé aux U.S.A., le matériel de départ introduit en Côte-d'Ivoire en 1956 comportait une introgression d'Acala. Cet HAR-Acala a permis d'obtenir des lignées qui furent utilisées en croisement dans de nombreux programmes, tant en Afrique francophone qu'en Amérique latine. Les principaux caractères apportés par ces HAR sont les suivants :

- forte ténacité de la fibre,
- rendement à l'égrenage élevé,
- résistance à la maladie Bleue transmise par *Aphis gossypii* et tolérance à la mosaïque d'Amérique latine transmise par *Bemisia tabaci*.

Variétés américaines (U.S.A.).

De nombreuses variétés américaines ont joué un rôle important dans les travaux de sélection. Elles sont soulignées dans la fig. 48. On pourra trouver leur origine dans le tableau qu'en a dressé J. B. Roux dans la publication I.R.C.T. sur les « Variétés récentes de cotonniers » (cf. bibliographie).

Elles ont apporté de nombreux caractères d'amélioration de rendement, liés en particulier à des résistances à diverses maladies, de meilleures tolérances à certains ravageurs et des qualités supérieures de la fibre (longueur, résistance). Elles ont participé à la création de variétés glandless.

Il semble que l'exploitation des croisements entre variétés africaines et variétés américaines constitue une voie encore pleine de possibilités pour l'avenir.

L'EXPÉRIMENTATION VARIÉTALE

La production en coton graine d'une variété est un facteur essentiel de la rentabilité culturale. Pour la juger le sélectionneur s'adresse à des schémas d'essais comparatifs où sont mis en compétition les nouveaux cultivars avec ceux utilisés en grande culture. Il est nécessaire que le changement variétal soit décidé avec la conviction d'améliorer la production régionale ; le processus de ce changement est long — nous verrons ce problème dans le prochain paragraphe — et onéreux. En outre il ne peut être admis une erreur dont aurait à souffrir le cultivateur.

Le chercheur doit donc s'entourer d'un grand nombre de précautions pour que les comparaisons qu'il effectuera soient représentatives de la zone cotonnière pour laquelle il travaille. Le choix des emplacements d'essais doit tenir compte en conséquence de la diversité de sa région, tant sur le plan du sol et du climat que sur celui du parasitisme et des habitudes paysannes.

Les expériences sont nécessairement limitées en leur début en raison des disponibilités en semence. Au cours des années le nombre des variétés en comparaison s'amenuise par éliminations successives et en expérimentation avancée on ne compare généralement plus aux variétés largement diffusées que quelques nouveaux cultivars. A ce stade les expériences doivent être aussi nombreuses que possible afin de pouvoir porter un meilleur jugement sur tous les caractères des cotonniers ; on doit également tenir compte qu'un réseau d'essais comporte très fréquemment un certain nombre d'insuccès :

- hétérogénéité excessive de l'expérience,
- aléas climatiques (sécheresse, pluies, foudre),
- travaux culturaux exécutés à contre-temps ou pas du tout,
- parasitisme impossible à contrôler,
- dommages provoqués par animaux divers.

Lorsqu'il s'agit d'une comparaison intervariétale on adopte généralement la méthode des blocs Fischer pour sa souplesse d'emploi et sa simplicité d'interprétation. Il peut cependant être nécessaire d'adopter des schémas expérimentaux plus complexes en raison des exigences supposées de certains cultivars (écartements, engrais, dates de semis). Aucune règle ne peut être donnée sur ce

sujet, le choix parmi les types d'expériences étant extrêmement vaste ; on devra cependant dans chaque cas opter pour l'expérience la moins complexe gage d'une meilleure probabilité de réussite.

LA MULTIPLICATION DES NOUVEAUX CULTIVARS

Partant de quelques kilogrammes de semences du nouveau cultivar il se passe un temps assez long avant que l'on soit prêt à le diffuser sur des milliers d'hectares. Une organisation stricte est indispensable pour le maintien et le contrôle de la pureté des semences au cours des différentes étapes de production.

Les schémas diffèrent suivant que la production des semences de nouvelles variétés est faite par des entreprises privées ou, au contraire, entièrement à la charge d'Organismes contrôlés par l'État comme c'est le cas en Afrique francophone.

LES U.S.A.

La sélection des variétés est assurée par la recherche publique dépendant de l'USDA* ou des Universités et de la recherche privée dont l'importance est considérable aux U.S.A. Ainsi, par exemple, le programme d'amélioration des Pima (*G. barbadense*) est réalisé par l'USDA ; les programmes Upland sont conduits en majorité soit par les compagnies privées au Texas, Mississipi et Arizona, soit par la recherche publique en Californie et au Nouveau Mexique.

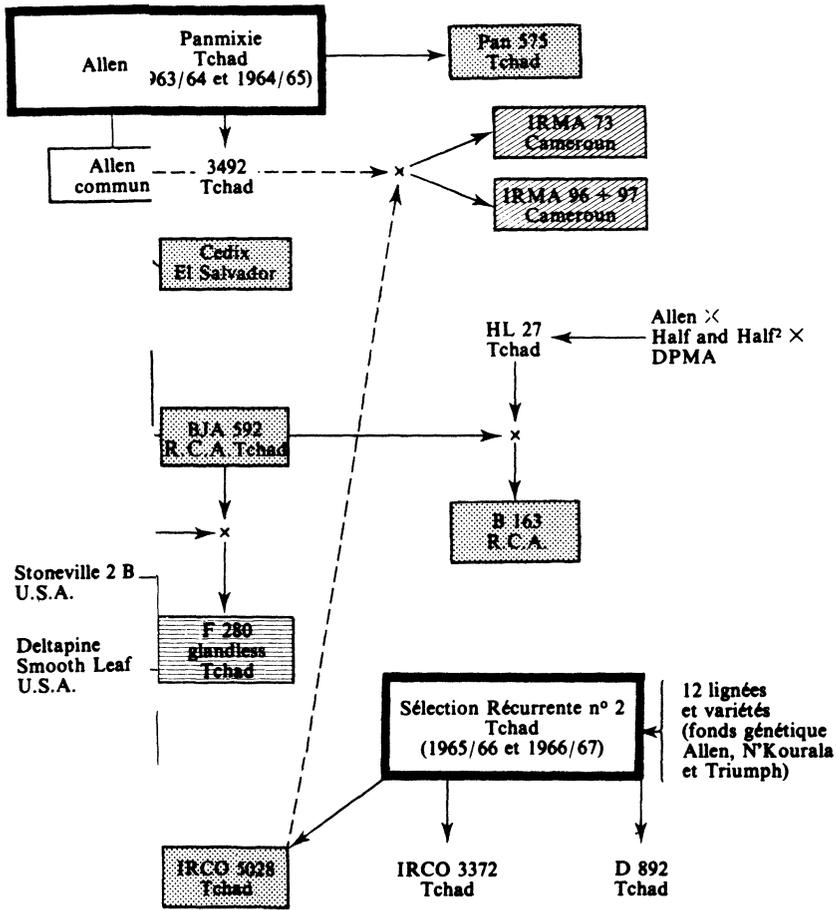
Les nouveaux cultivars sont protégés par la loi du 24 décembre 1970 dite de « Plant Variety Production Act ». Les variétés doivent avoir une identité morphologique agronomique et physiologique parfaitement définie et une stabilité et une uniformité phénotypique permettant les contrôles à la production et à la commercialisation des semences.

Le cycle de multiplication du nouveau cultivar se divise en trois phases :

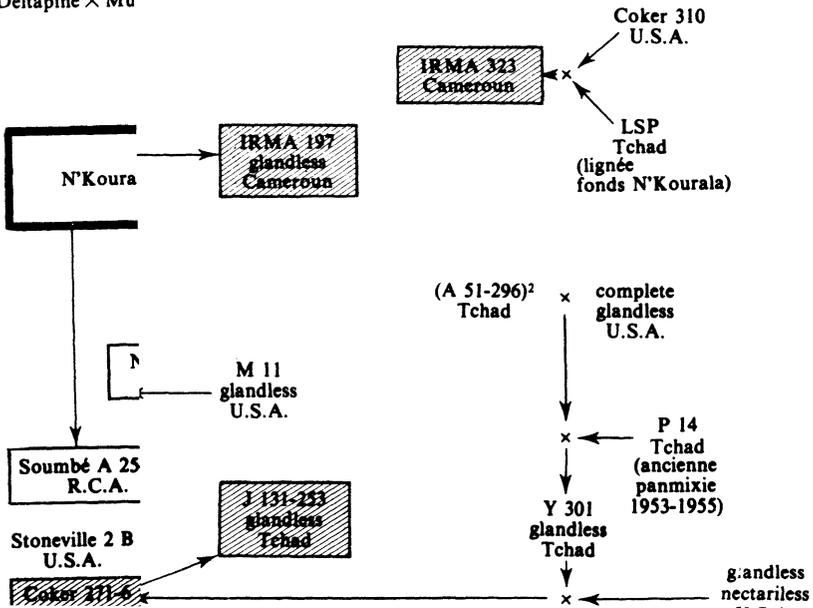
I. « Nucleus Seeds » et « Breeder Seeds »

Cette première phase consiste à multiplier les graines du noyau initial sur des surfaces de 0,5 ha la première année et 10 à 15 ha ensuite. Cette multiplication est faite de telle sorte qu'elle conserve la pureté génétique totale de la variété. Elle est conduite

* Département de l'Agriculture des U.S.A.



Deltapine × Mu



sous la responsabilité directe et le contrôle du sélectionneur créateur du cultivar, soit dans des champs isolés où on ne pratique aucune autofécondation, soit dans des stations où l'autofécondation est de règle. L'ensemble des graines produites par le « nucleus seeds » forme le « breeder seeds ».

C'est en général au cours de cette phase que certaines lignées de la recherche publique peuvent entrer dans un programme de la recherche privée.

Les « breeder seeds » peuvent entrer dans une banque de semences qui fournira en graines les multiplicateurs ; on évite ainsi la production du noyau initial.

II. « Foundation Seeds »

Ces semences proviennent de la multiplication des « breeder seeds » ou, l'année suivante, de cette propre « Foundation seeds » avec contrôle du maintien de pureté.

La multiplication des « breeder seeds » est réglementée et contrôlée par des organisations ou associations publiques agréées par l'USDA et le sélectionneur lui-même. Les « Foundation seeds » constituent le plus souvent le point de départ de la multiplication commerciale d'une variété, mais ce n'est pas obligatoire. Cette multiplication est assurée par des agriculteurs agréés.

Durant cette phase des lignées de la recherche publique peuvent également entrer dans un programme de recherche privée.

III. Semences commerciales

On distingue les « Registered seeds » issues parfois de la multiplication des « breeder seeds » et surtout des « Foundation seeds » ; puis les « Certified seeds » issues des « Registered seeds ». Ces semences sont produites sous un contrôle identique à celui des « Foundation seeds ».

Les compagnies de semences (ou l'organisation publique agréée) chargées de la multiplication commerciale disposent d'un important réseau d'agriculteurs agréés pour la multiplication des semences possédant un label de qualité.

La multiplication de semences commerciales à partir des « Foundation seeds », faite en dehors d'inspection légale, est autorisée mais la vente des semences produites s'effectue sous la dénomination de « cotton seed », sans mention de variété ni de provenance.

Réglementation de la multiplication commerciale.

L'application de la réglementation est assurée par des organismes et associations agréés par les services officiels de l'agriculture. Ils contrôlent la pureté des multiplications.

Les semences certifiées doivent répondre à différentes normes suivant leur nature (tableau X). C'est une organisation à but non lucratif « Crop Improvement Association » (CIA) associant des cultivateurs, producteurs de semences, et tous ceux intéressés

TABLEAU X

Standards de la certification des semences

	SEMENCES CERTIFIÉES		
	Foundation	Registered	Certified
Hors types *.....	0	1 sur 40 000	1 sur 10 000
Pureté des graines mini.....	98 %	98 %	98 %
Autres graines maxi.....	0	0	0
Corps étrangers maxi.....	2 %	2 %	2 %
Graines adventices maxi.....	aucune	aucune	aucune
% germination.....	80	80	80

* S'entend hors du type de la variété certifiée.

de près ou de loin à la production qui effectue le conditionnement et la distribution de semences de qualité. Elle est responsable de la réglementation et des limites de tolérance des divers standards.

Les champs de multiplication ne doivent présenter aucune repousse de cotonnier de l'année antérieure et doivent être isolés des cultures cotonnières par un obstacle naturel ou un champ d'une autre production pour les Upland ou de 400 mètres pour les Pima. Les plantes hors du type de la variété certifiée, ainsi que les adventices reconnues indésirables, doivent être arrachées avant l'inspection. En outre les variétés sensibles à la bactériose ne doivent pas présenter les symptômes de la maladie tandis qu'une limite de 5 % de plantes atteintes de bactériose foliaire est admise pour les variétés très tolérantes.

La certification des semences est donc une garantie officielle de la pureté génétique de la variété, de la conservation des caractéristiques variétales au cours des diverses étapes de multiplication ainsi que de la qualité et de la valeur germinative des graines.

AFRIQUE FRANCOPHONE.

Il n'existe aucun organisme privé de production de semences cotonnières ; recherche et multiplication sont effectuées par l'État ou sous la responsabilité d'organismes contrôlés par celui-ci. Les cultivateurs n'utilisent que les semences qui leur sont distribuées.

La multiplication des semences et leur distribution aux agriculteurs est donc sous la dépendance d'un plan général d'ensemble que l'on peut résumer comme suit :

Noyau 000 : la semence issue directement du champ de sélection couvre une surface de quelques ares à une dizaine d'ares sur la station de recherche en parcelle isolée. Les contrôles de pureté, de qualité et de conformité aux divers caractères de la variété sont effectués sous la responsabilité du sélectionneur. Celui-ci choisit environ 300 à 500 plants pour la conservation du noyau 000.

L'égrenage et les opérations de contrôle de la fibre sont exécutés à la station même ou dans un service indépendant.

Noyau 00 : la semence issue du noyau 000 est utilisée pour la réalisation du noyau 00 (1 à plusieurs hectares). Ce stade est implanté en parcelles isolées sur la station de recherche ou sur des fermes de multiplication dépendant de l'État. Les contrôles sont exécutés par les services techniques de la station de recherche. L'égrenage est confié à l'usine la mieux organisée pour préserver la pureté variétale.

Noyau 0 : on aborde ici le dernier stade de multiplication contrôlé par la recherche cotonnière. La surface réservée à cette multiplication dans chaque zone est proportionnelle aux prévisions culturales de l'année suivante. Le « noyau 0 » est réalisé en culture isolée dans un centre de multiplication (10 ha ou davantage). L'égrenage est effectué en usine avec les précautions nécessaires.

La semence à partir de ce stade est multipliée sous le contrôle des Services d'encadrement de la culture cotonnière (Service de vulgarisation, Sociétés cotonnières, etc.). La multiplication de ces semences est faite par zones de plus en plus éloignées du « noyau 0 » de façon à accroître progressivement la pureté variétale de chaque zone et à minimiser l'importance éventuelle d'un mélange accidentel.

Après le stade « noyau 0 » les semences sont confiées à des agriculteurs choisis.

Zone 1. — C'est la première « vague » de multiplication des semences du « noyau 0 ». Toute la production est réservée à la semence. Généralement une « zone 1 » est implantée auprès de chaque usine d'égrenage dont la zone d'influence représente l'unité de base pour l'extension d'une variété.

Zone 2. — La semence provient de la production de la zone 1. L'importance de la zone 2 est fonction de l'extension à prévoir l'année suivante. Les semences provenant de cette zone sont en effet destinées à satisfaire la totalité des besoins en agriculture.

Zone 3. — Elle représente la plus grande partie des cultures ; les graines sont envoyées à l'huilerie.

Au cours de ces différents stades un contrôle d'égrenage est effectué sur la station de recherches à partir d'échantillons prélevés en usine et, dans certains cas, celui-ci est complété par des tests de germination et des analyses technologiques.

LES GLANDLESS

LES GLANDES A PIGMENTS.

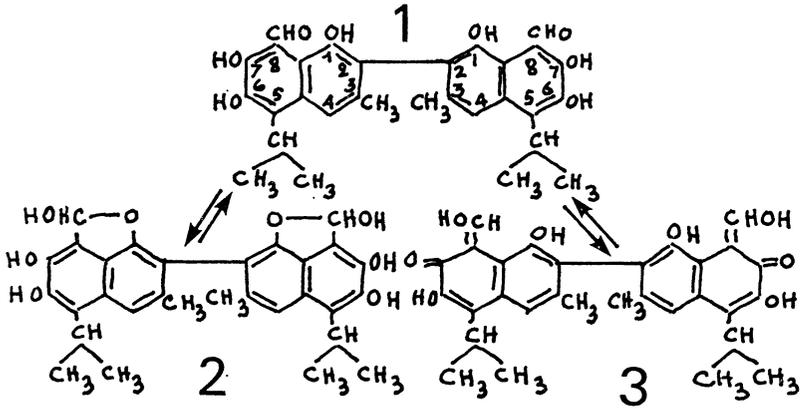
Les glandes sont présentes dans toutes les parties aériennes, sauf la fibre et le tégument de la graine. Elles ont une distribution très dense dans le limbe de la feuille, les cotylédons, les capsules, le calice et stigmate de la fleur, moyenne sur les tiges, pétioles, nervures foliaires et faible sur les pétales.

Les glandes sont de petits sacs ovoïdes de 0,1 à 0,4 mm de diamètre entourés d'une ou plusieurs couches de cellules plus ou moins aplaties. Elles se trouvent juste en dessous des cellules palissadiques dans le limbe cotylédonaire et foliaire, sous l'hypoderme des jeunes tiges et dans le phloème. Les capsules du *G. hirsutum* ont des glandes moins profondément encastrées que *G. barbadense*, ce qui donne à ces dernières un aspect rugueux.

La couleur des glandes varie suivant les espèces et leur position sur la plante : jaune clair dans l'écorce des racines à orange dans les feuilles des cotonniers diploïdes américains, jaune-brun-vert dans les graines, brun-rouge dans les feuilles des cotonniers Upland et violette dans les feuilles des cotonniers australiens.

Les glandes jouent le rôle de réservoirs des substances diverses ou pigments produits par la plante et prennent donc le nom de glandes à pigments. Elles contiennent divers terpenoïdes dont la nature et la quantité varient suivant les organes et les espèces :

— le gossypol est un pigment jaune de formule développée :



(structures tautomères du gossypol, $C_{30}H_{30}O_8$)
(d'après Adams et al.)

— les gossypurpurine et gossyverdurine, pigments respectivement violet et vert, sont voisins du gossypol ;

— deux triterpénoïdes méthoxylés, voisins du gossypol, furent isolés chez *G. barbadense* : 6 méthoxygossypol et 6-6' diméthoxygossypol ; ils n'existent pas chez *G. hirsutum* ;

— deux sesquiterpénoïdes aldéhydes (hémigossypol et 6-méthoxyhémigossypol) ;

— deux sesquiterpénoïdes quinones (hémigossypolone et 6-méthoxyhémigossypolone) venant de la transformation des sesquiterpénoïdes aldéhydes dans les tissus verts à la lumière, sont des composés majeurs des glandes des jeunes feuilles et boutons floraux ;

— plusieurs esterterpénoïdes issus de l'association de monoterpènes (myrcène ou ocimène) aux sesquiterpénoïdes quinones comprennent les héliocides H_1 , H_2 , H_3 , formés avec l'hémigossypolone et B_1 , B_2 , B_3 , formés avec le 6-méthoxyhémigossypolone ;

— les flavonoïdes et tanins. Ces substances ne semblent pas particulièrement liées aux glandes puisque les lignées glandless les possèdent également.

On doit noter que la fonction et l'importance des glandes dans la physiologie de la plante restent inconnues. L'observation d'une plus grande sensibilité des cotonniers glandless au parasitisme (c.f. Hess) montre toutefois que les glandes ont un rôle de protection contre les déprédateurs du cotonnier et confèrent à la plante une certaine résistance naturelle.

GÉNÉTIQUE SOMMAIRE DES GLANDES A PIGMENTS.

McMichael en 1954 fut le premier à rapporter une réduction de la densité des glandes contrôlées génétiquement et, depuis, de nombreux chercheurs ont démontré que 6 loci indépendants au moins peuvent contrôler la formation et la distribution des glandes. Étant donné l'importance relative de chacun de ces gènes dans la détermination du phénotype glandulaire, trois types de gènes peuvent être définis :

— gl_2 et gl_3 sont des gènes majeurs ou forts : séparément leur allèle dominant contrôle la distribution des glandes sur une grande partie de la plante et ils confèrent le phénotype « glandless complet » à l'état récessif double homozygote ;

— gl_1 , gène de force intermédiaire : il est responsable à l'état récessif homozygote de l'absence de glandes sur une grande partie de la plante, mais non dans les graines ;

— gl_4 , gl_5 et gl_6 sont des gènes mineurs ou faibles : ils interviennent peu ou pas dans l'expression phénotypique. L'allèle dominant de chacun de ces gènes donne uniquement quelques glandes dans certains organes (cotylédons, tiges) de la plante homozygote pour gl_1 , gl_2 et gl_3 , tandis que l'allèle récessif donne un phénotype considéré comme normal chez les plantes homozygotes pour Gl_1 , Gl_2 et Gl_3 .

L'étude des expressions phénotypiques (Annexe 3) correspondant aux différents génotypes possibles permet de définir le mode d'action des gènes. L'allèle Gl_2 ou Gl_3 agit de façon additive ; un allèle ne peut exprimer pleinement son potentiel qu'en présence d'un allèle semblable, les deux allèles interagissant et augmentant significativement le nombre de glandes ; l'expression phénotypique des génotypes possédant des allèles dominants est influencée par l'interaction de gènes secondaires dits gènes modificateurs ; enfin, d'autres allèles aux différents loci trouvés peuvent contrôler la distribution, la taille et la densité des glandes dans les graines et la plante (cf. Pauly).

LES TERPÉNOÏDES DU COTONNIER.

Les glandes sont des unités de stockage des différentes substances terpénoïdiques mais dans la plupart des cas le gossypol a été le terpénoïde le plus étudié, les autres et leur rôle n'ayant été définis que récemment (1977) ; le gossypol fut longtemps considéré comme la seule substance toxique active importante des glandes.

Le gossypol entre dans la composition des graines dans des proportions très variables suivant les espèces (tableau XI).

TABLEAU XI

Teneur en gossypol des graines de plusieurs espèces
(source CARTER *et al.*)

ESPÈCES	GÉNOMES	GOSSYPOL libre	GOSSYPOL total	Nombre d'échan- tillons
G. herbaceum.....	A ₁	0,73-0,81	1,06-1,33	2
G. arboreum.....	A ₂	0,62	0,81	1
G. thurberi.....	D ₁	3,21-3,81	3,77-4,22	3
G. raimondii.....	D ₅	2,74-3,45	3,15-3,89	5
G. hirsutum glandless.....	(AD ₁)	0	0	1
G. barbadense.....	(AD ₂)	1,28	1,80	1

Également la variation de la composition en terpénoïdes des glandes est très fluctuante d'une espèce à l'autre (tableau XII).

TABLEAU XII

Concentrations relatives en terpénoïdes (taches sur chromatogramme).
(Source BELL *et al.*)

ESPÈCES	Géno- mes	HG	G+AG	HGQ	HH ₁	HH ₂	MHG	MHGQ	HB ₁	HB ₂	U ₂ *
G. herbaceum.....	A ₁	tr	+	++	+++	+					
G. arboreum.....	A ₂	tr	+	+	tr	++					
G. anomalum.....	B ₁	tr	+	++	+	+++	+	+	tr	++	
G. thurberi.....	D ₁	tr	+++								
G. raimondii.....	D ₅	tr	+								+++
G. hirsutum.....	AD ₁	tr	+	++	+	++					
G. barbadense.....	AD ₂	tr	+	++	++	tr	tr	++	++	tr	
G. tomentosum.....	AD ₃	+		++	+	tr	+	++	+	tr	

Légende

+++ grande et intense
 ++ moyenne
 + petite mais distincte
 tr trace
 * terpénoïdes non identifiés

G : gossypol
 HG : hémigossypol
 AG : anhydrogossypol
 HGQ : hémigossypolone
 MHG : 6-méthoxyhémigossypol
 MHGQ : méthoxygossypolone
 HH₁ : héliocide H₁
 HH₂ : héliocide H₂
 HB₁ : héliocide B₁
 HB₂ : héliocide B₂

Pour les deux principales espèces cultivées les organes et tissus ont des teneurs différentes en composés terpénoïdiques :

	<i>G. hirsutum</i>	<i>G. barbadense</i>
Graine : embryon enveloppe	G	G, MG, DMG
Tiges : cortex phloème xylème	(HH ₁), HH ₂ G	HH ₁ , HB ₁ G, MG, DMG
Feuilles : cotylédonaire vraies	AG, G HGQ (HH ₁), HH ₂	AG, AMG, G, MG HGQ, MHGQ, HH ₁ , HB ₁
Fleurs : bractées et calice pétales et étamines pollen ovaire	(HH ₁), HH ₂ G HGQ (HH ₁), HH ₂	HH ₁ , HB ₁ G, MG, DMG HGQ, MHGQ, HH ₁ , HB ₁
Racines : cortex phloème xylème	G G	G, MG, DMG G, MG, DMG

où : (HH₁) : terpénoïde présent dans quelques variétés seulement
 MG : méthoxygossypol
 DMG : 6, 6'-diméthoxygossypol
 AMG : anydro-6-méthoxygossypol.

La teneur en gossypol d'un organe ou d'un tissu est en corrélation parfaite avec le caractère glandulaire, c'est-à-dire la densité et la taille des glandes sur cet organe.

TABLEAU XIII

Pourcentage de gossypol dans les graines (poids sec) de quatre variétés *G. hirsutum* (Source LEE)

GÉNOTYPES	High gossypol	Medium gossypol		Low gossypol
	3 T	Empire	Coker 100 A	Acala 4-42
G ₁ G ₂ G ₃ G ₃	2,61	1,253	1,406	0,90
G ₁ G ₂ G ₃ G ₃	2,73	1,168	1,329	0,81
G ₁ G ₂ G ₃ G ₃	2,13	0,868	1,012	0,63
G ₁ G ₂ G ₃ G ₃	2,76	0,848	0,937	0,69
G ₁ g ₁ G ₃ g ₃	1,76	0,619	0,702	0,39
g ₁ g ₁ G ₃ G ₃	1,23	0,332	0,404	0,24
G ₁ g ₁ g ₃ g ₃	0,92	0,090	0,137	0,17
g ₁ g ₁ G ₃ g ₃	0,22	0,047	0,044	0,08
g ₁ g ₁ g ₃ g ₃	0,00	0,012	0,021	0,01

Par la combinaison des deux allèles dominants G_1 et G_3 et des allèles récessifs correspondants g_1 et g_3 on peut faire varier la densité glandulaire depuis une densité normale jusqu'à une densité nulle chez la plante complètement glandless et ainsi étudier la teneur en gossypol en fonction du caractère glandulaire (tableau XIII).

Dans les quatre cultivars testés, qu'il s'agisse de « high » (3 T), « medium » (Empire et Coker) ou « low » (Ac. 4-42) gossypol, la teneur en gossypol, donc en terpénoïdes, dépend de deux gènes majeurs ; elle croît linéairement avec le nombre d'allèles dominants dans le génotype. L'absence de glandes dans la graine entraîne un taux de gossypol nul.

LA SÉLECTION DES « GLANDLESS ».

L'étude fondamentale a montré que le caractère glandless des graines est contrôlé par deux gènes indépendants récessifs, ce qui en fait un caractère facilement transmissible.

Sélection par back-cross.

Elle apparaît comme la méthode la plus appropriée pour atteindre cet objectif ; une variété commerciale est croisée avec une lignée expérimentale glandless et les descendants sont croisés plusieurs fois avec la variété commerciale comme parent récurrent ; 4 à 6 back-cross sont nécessaires avant l'autofécondation pour obtenir des lignées glandless intéressantes et isogéniques à la variété commerciale de départ.

Sélection généalogique.

Depuis la découverte du caractère glandless les descendance sont suffisamment nombreuses et les performances des lignées suffisamment intéressantes et variables pour permettre dans certains cas un programme de croisements entre lignées glandless : toute la descendance est glandless et la sélection se fera comme pour les variétés normales sur les caractéristiques agronomiques et technologiques.

A l'intérieur d'un programme glandless tous les artifices et méthodes de sélection du programme de sélection classique pourront être utilisés. L'objectif est de sélectionner des lignées équivalentes aux meilleures variétés commerciales pour tous les caractères considérés et adaptées à tous les milieux de production.

Les programmes glandless actuels.

Aux **U.S.A.**, entre 1960 et 1977, il est apparu que la mise en évidence de la sensibilité aux ravageurs du cotonnier et de performances agronomiques souvent inférieures, liées au caractère glandless, a freiné considérablement le développement de ces programmes pour une application commerciale.

Les résultats obtenus récemment sur les variétés glandless au Texas, en Californie et Louisiane montrent que sous les conditions de protection insecticide la production, la qualité de la fibre, la précocité et la résistance à certaines maladies (verticilliose et bactériose) des variétés glandless sont équivalentes à celles des meilleures variétés commerciales avec glandes. Aussi la méthode des croisements entre fonds génétiques glandless est-elle de plus en plus utilisée et l'amélioration de toutes les caractéristiques prouve qu'un certain nombre de linkats qui associaient des caractères défavorables aux loci gl_2 et gl_3 ont été brisés. Le problème glandless apparaît aujourd'hui principalement comme étant lié à la résistance aux insectes.

En **Afrique francophone** l'I.R.C.T. a poursuivi un programme de sélection glandless depuis 1958.

Diverses introductions glandless américaines — « Complete glandless », « Empire glandless M 11 », « Deltapine glandless » — ont servi de base à la sélection glandless dont l'objectif était de créer des variétés homozygotes pour les allèles gl_2 et gl_3 . Elles devaient être productives, résistantes à la bactériose et posséder des caractéristiques d'égrenage et de fibres comparables à celles des meilleures sélections classiques. L'utilisation du back-cross et de méthodes variées a permis de diversifier le matériel glandless et d'améliorer les caractéristiques agronomiques et technologiques. Aujourd'hui des lignes arrivées en sélection avancée présentent des performances équivalentes à celles des variétés classiques.

Ce programme avait débouché dès 1972 sur la culture expérimentale de cotonniers sans gossypol, en milieu paysan, au Tchad et au Mali. Deux variétés glandless furent multipliées par les cultivateurs pour démarrer une expérimentation nutritionnelle animale et humaine. Les tests de nutrition à base de farine et d'amandes glandless se sont révélés très positifs.

En 1978 une nouvelle variété plus performante, F 280, est multipliée au Tchad ; en 1980 l'expérience a été répétée en Côte-d'Ivoire avec les variétés glandless L 299-10 et F 280. Les difficultés se sont situées surtout au niveau de l'absence d'infrastructure de transformation des graines.

En **Égypte**, dans le but d'améliorer la valeur nutritionnelle du pain par l'addition de farine de coton, un programme d'amélioration de glandless est en cours depuis 1976 ayant pris pour base le gène glandless dominant obtenu par irradiation de la variété Giza 45 (*G. barbadense*).

TROISIÈME PARTIE

LA FIBRE

La récolte effectuée sur les champs de cotonniers se présente sous la forme d'une masse appelée coton-graine. Elle est composée en proportions variables, suivant l'espèce et le cultivar, de la graine, de la fibre et de duvet. Ces constituants sont séparés de la graine par égrenage pour la fibre et par délintage pour le duvet.

La fibre, que l'on nomme aussi très souvent par son nom anglais « lint », représente à elle seule actuellement près de 85 % de la valeur marchande totale de la récolte. L'ensemble des fibres ou coton fibre se présente sous la forme d'un amas de poils entremêlés floconneux et légers, de résistance et de longueur individuellement variables. La fibre a la forme d'un ruban aplati de coloration allant du blanc brillant au crème ; on rencontre également des fibres de couleur kaki et verte dans certaines espèces (photo 2).

CHAPITRE X

ORIGINE ET CONSTITUTION

PHYSIOLOGIE ET CONSTITUTION

La fibre de coton a pour origine une ou plusieurs cellules épidermiques de l'ovule suivant les chercheurs ; sa constitution est unicellulaire. Sa croissance commence en général avant l'anthèse : elle devient le siège d'une activité intense après la pollinisation. Le processus de différenciation cellule-poil débute du côté de la chalaze (partie arrondie de la graine) et s'étend progressivement vers le micropyle (partie pointue). Les poils qui se forment jusqu'au cinquième jour après la fécondation donneront naissance à la fibre, alors que ceux qui se différencieront de l'épiderme ultérieurement resteront courts (quelques millimètres) et composeront le duvet de la graine (ou fuzz ou linter). Les fibres naissent sur l'ovule alors très petit (1 mm de diamètre environ) en très grand nombre puisque l'on compte environ 10 000 fibres et entre 5 000 et 10 000 poils de duvet par ovule. Le **diamètre** des fibres, très réduit à l'origine, augmentera très rapidement pour prendre sa dimension définitive dans les 3 à 4 jours qui suivent la fécondation. Le diamètre varie entre 0,012 et 0,025 mm suivant l'espèce et le cultivar, c'est un caractère génétique. La croissance en **longueur** est également très rapide puisque la fibre atteindra son développement définitif entre 13 et 20 jours suivant les caractéristiques génétiques de la plante. La longueur de la fibre est fortement influencée par les conditions de milieu et, en particulier, par l'approvisionnement hydrique du cotonnier. Les longueurs sont généralement comprises entre 15 et 40 mm. Durant la croissance la paroi du poil reste mince et constitue la membrane primaire. Elle est composée de cellulose amorphe, de matières pectiques et de cires (fig. 49).

Ce poil contient un protoplasme et un noyau qui assurent, par des échanges osmotiques avec la couche pigmentée externe de

la graine, les fonctions vitales de cette croissance. Les fibres se présentent, à l'intérieur du volume carpellaire, comme un écheveau de poils plusieurs fois repliés.

Avant l'arrêt complet de la croissance en longueur de la fibre commence l'**épaississement** de sa paroi par apposition sur sa face interne de membranes cellulodiques successives appelées membranes secondaires.

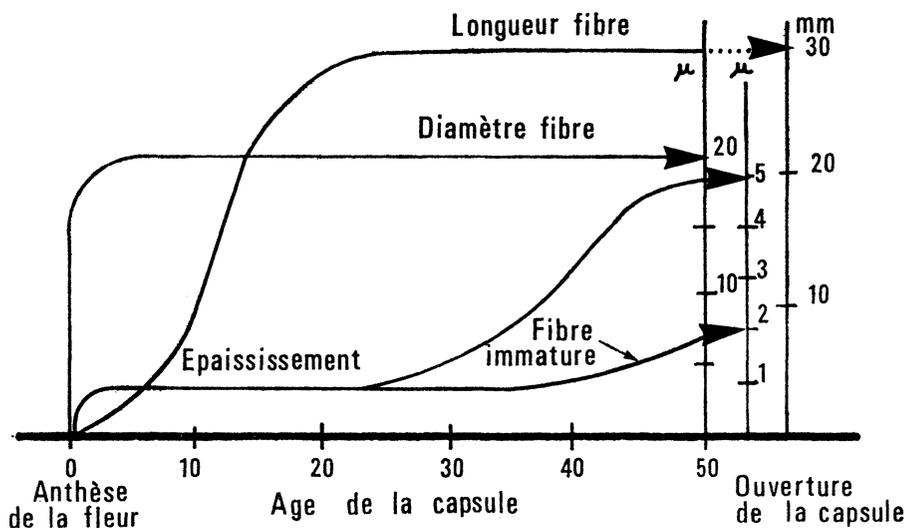


FIG. 49. — Diagrammes du développement des fibres.

La cellulose de celles-ci se forme à partir d'un sucre lui-même produit par la photosynthèse, de l'eau et du gaz carbonique. Dans la molécule de cellulose les anhydrides de glucose sont polymérisés pour former des chaînes de 5 000 à 10 000 unités ($C_6 H_{10} O_5$). Cette constitution explique la détérioration de la fibre et en particulier sa diminution de résistance, lorsque ces polymères sont réduits sous l'action des intempéries ou des ultra-violets.

Les épaisissements se forment durant 25 à 35 jours dans les cas normaux de développement et s'arrêtent quelques jours avant la déhiscence de la capsule ; la cellulose ne remplit jamais totalement la fibre. A l'ouverture du fruit protoplasme et cytoplasme se dessèchent en laissant à l'intérieur de la fibre un lumen de volume plus ou moins important suivant les conditions de nutrition de la plante. Dans les cas de développement difficile les parois resteront minces et la fibre sera dite immature. L'épaisseur

des appositions celluloses varie de 1,5 micron pour une fibre immature à 5 microns pour une fibre très mûre.

COMPOSITION CHIMIQUE

La fibre de coton a fait l'objet de nombreuses analyses afin d'en déterminer la composition chimique au cours de son développement et de son utilisation.

La proportion des constituants varie considérablement au cours de la croissance de la fibre (tableau XIV).

TABLEAU XIV

Évolution % des constituants chimiques de la fibre durant la croissance

CONSTITUANTS % (eau q.s. pour 100)	NOMBRE DE JOURS APRÈS LA FLORAISON			
	10	20	30	50
Cellulose.....	12	60	82	90
Protéines (Nx6,25).....	15	8,4	4,3	0,9
Substances pectiques.....	4,5	3,9	2	0,8
Sucres réducteurs.....	30	15	2	0,3
Cires.....	4	3,1	1,9	0,85

A maturité le constituant principal de la fibre est la cellulose. La couche secondaire est formée de cellulose pure, les autres substances sont concentrées dans la membrane primaire (gaine) et dans le résidu protoplasmique du lumen. La membrane primaire contient beaucoup de cellulose mais on y trouve aussi une proportion appréciable de protéines et de cires (tableau XV).

Parmi les substances non celluloses de la fibre, les pectines sont localisées dans la membrane primaire. Ce sont des hydrates de carbone polymérisés en chaîne, de poids moléculaire élevé. Ils sont composés de pectoses, d'acide polygalacturonique et d'alcool méthylique. On les trouve sous forme insoluble de sels de calcium, de magnésium et de fer. On a également rencontré de l'arabinose et du xylose.

Les substances protéiques sont, pour la plus grande part, des résidus protoplasmiques rencontrés dans le lumen.

TABLEAU XV

Constituants % des parties de la fibre mûre et sèche

CONSTITUANTS	FIBRE TOTALE	PAROI PRIMAIRE
Cellulose.....	95±4	60
Protéine (N×6,25).....	1,6±0,3	14
Substances pectiques.....	0,9±0,2	9
Cendres.....	1±0,2	3
Cires.....	0,9±0,3	8
Socres totaux.....	0,3	—
Autres éléments.....	1,4	6
Pigments.....	traces	—

Les cires représentent environ 1 % du poids total de la fibre mais 8 % de la gaine. C'est la cire qui rend la fibre hydrophobe ; c'est aussi probablement l'un des éléments de résistance à l'abrasion. Elle fond à 76 °C. et est très soluble dans le tétrachlorure de carbone, le chloroforme, le benzène, etc. La cire confère à la fibre une tension superficielle à l'eau qui lui permet de surnager. Sa présence est nécessaire en filature car elle sert de lubrifiant aux fibres et diminue leur tendance à coller les unes aux autres. En supprimant cette cire, donc en augmentant la friction des fibres dans le filé et le tissu, on a obtenu un accroissement de près de 25 % de la résistance du fil.

Les cendres sont composées de près de la moitié de leur poids en potassium (48 %) et en moindres proportions de calcium (7 %) et magnésium (10 %) sous forme de carbonates, phosphates et sulfates.

MORPHOLOGIE

La fibre de cotonnier avant ouverture de la capsule a l'aspect d'un long tube dont la partie centrale est occupée par les constituants cellulaires.

De diamètre constant dans sa partie médiane la fibre est effilée à son extrémité opposée à la graine. A sa base se trouve le pied qui est le siège des échanges osmotiques avec les cellules voisines ; il se prolonge par un rétrécissement au niveau de l'épiderme de la graine (fig. 50), puis se continue par un renflement

appelé coude à la partie externe avant de prendre son diamètre normal. Sa morphologie explique la facilité de l'égrenage, une traction sur la fibre provoquant sa déchirure en son point de moindre résistance (vers le coude), et la séparant de la graine.

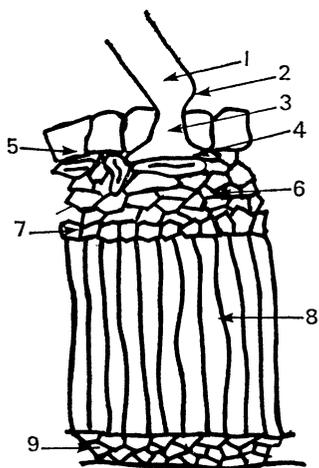


FIG. 50. — Coupe transversale du tégument de la graine au niveau d'une fibre : 1, fibre ; 2, coude ; 3, partie basale ; 4, pied ; 5, épiderme ; 6, couche pigmentée externe ; 7, assise incolore ; 8, tissu palissadique ; 9, couche pigmentée interne.

La coupe d'une fibre fait apparaître des couches cellulosiques de structures différentes (fig. 51) :

— la **membrane primaire** ou gaine est une paroi cellulosique de 0,1 micron recouverte de matières pectiques et de cires. La cellulose se présente sous l'aspect d'une structure en filet, les stries extérieures dirigées dans le sens de l'axe de la fibre, celles intérieures inclinées à 70° sur les précédentes ;

— la **membrane secondaire** comprenant :

- **une couche externe** (0,1 micron) de structure spirallée fibrillaire inclinée de 45° à 70° sur l'axe de la fibre avec plusieurs inversions de sens ;
- **une couche secondaire** formée de plusieurs couches cellulosiques concentriques de structure analogue à la membrane secondaire.

Cette couche est de grande importance puisqu'elle formera plus de 90 % du poids total de la fibre pour une épaisseur d'environ 4 microns. C'est de cette région centrale dont dépendront la plupart des qualités de la fibre. Certains auteurs démontrent qu'il existe un lien entre l'inclinaison des fibrilles cellulosiques sur l'axe de

la fibre et la résistance de celle-ci : à 20°,8 elle serait de 109 000 PSI et à 49°,2 de 59 000 PSI avec des valeurs intermédiaires allant dans le même sens. Il semble donc que la résistance soit d'autant plus élevée que l'inclinaison des fibrilles cellulosiques est proche de l'axe longitudinal de cette fibre. La connaissance de la part héréditaire de ce caractère et de sa transmissibilité faciliterait son amélioration.

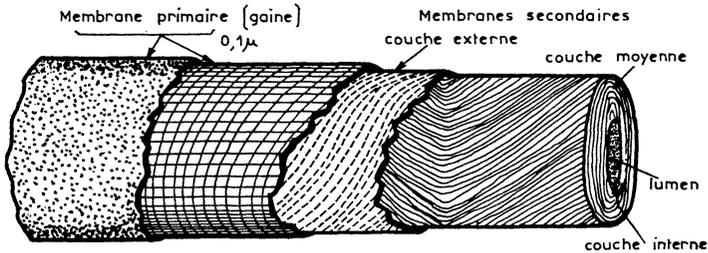


FIG. 51. — Coupe longitudinale schématique d'une fibre de coton.

Après la déhiscence de la capsule, la fibre change d'aspect. Exposée à l'air, elle perd la plus grande partie de son eau, le protoplasme se dessèche laissant à la place un lumen. Sous l'action des tensions qui se produisent entre les différentes spirales la fibre, devenue un ruban, se vrille irréversiblement. Le vrillage à droite et à gauche se succède sur chaque fibre, l'inversement se produisant généralement au point où la fibre était coudée dans la capsule avant ouverture. Le vrillage est indispensable à la filature du coton : un fil est composé de fibres parallèles torsadées mécaniquement et dont l'état ne se maintient que par les frictions du vrillage des fibres les unes sur les autres. Sans lui le coton serait inutilisable en filature, comme le kapok par exemple. Son intensité est liée à l'épaisseur de la paroi des fibres et participe pour une part à la résistance du fil. Une fibre immature ou morte n'a que quelques rares circonvolutions.

Les poils du duvet de la graine ne sont pas utilisables en filature en raison de leur longueur (3 mm). Ils se présentent sous la forme de poils plus grossiers que la fibre, plus rigides, sans circonvolution et sans lumen. La membrane primaire de ce linter est beaucoup plus épaisse que celle de la fibre et souvent fortement pigmentée en jaune, brun, vert ou grisâtre. Le duvet recouvre soit la totalité des graines (upland), soit une surface plus ou moins importante de la chalaze, du micropyle ou des deux (*G. barbadense*).

En résumé on peut donc dire de la fibre que :

— son diamètre est déterminé dès les premiers jours de son apparition ;

— elle croît dans le fruit durant 13 à 20 jours à partir de l'anthèse ;

— ses parois s'épaississent, par appositions cellulosiques internes, de l'arrêt de sa croissance à la déhiscence de la capsule ;

— son vrillage est indispensable à la filature et participe avec l'épaisseur de sa paroi et son diamètre à ses caractères intrinsèques.

CHAPITRE XI

ÉGREPAGE

L'égrenage consiste à séparer la graine de la fibre ; c'est une opération industrielle capitale puisque seule la fibre est utilisable en filature. Il est généralement exécuté dans de grandes usines spécialisées situées à proximité des lieux de production afin d'éviter le transport de la graine qui représente près des 2/3 du poids de la récolte totale.

L'égrenage comprend non seulement la séparation fibre-graine, mais encore un ensemble d'opérations destinées à rendre la fibre commercialisable dans les meilleures conditions.

HISTORIQUE

L'histoire de l'évolution de l'égrenage se confond pratiquement avec l'évolution cotonnière en général et plus particulièrement avec celle des États-Unis d'Amérique.

Durant des millénaires et jusqu'au milieu du xvii^e siècle l'égrenage était une opération manuelle ; on arrachait directement la fibre avec les doigts ou on se servait d'un petit cylindre en bois, ou métallique, et d'une pierre (ou un bois lisse). La fibre maintenue entre le socle et le cylindre, on faisait rouler ce dernier vers la graine qui, poussée alors que la fibre était immobilisée, se séparait de cette dernière. Cet égrenage se pratiquait encore dans des villages des pays tropicaux pour les usages artisanaux il y a 25 ans. Cette technique ne permettait pas d'extraire plus de deux à trois kilogrammes de fibre par jour et par opérateur.

La situation a commencé à évoluer vers le début du xviii^e siècle ; on pouvait déjà atteindre un rendement à l'égrenage de 15 kg de fibre par jour avec des égreneuses à rouleau. Mais en réalité ce n'est qu'à partir de 1840 que la situation a été trans-

formée radicalement Jones McCARTHY de Demopolis en Alabama (U.S.A.) révolutionne la pratique de l'égrenage à rouleau par un modèle hautement perfectionné. Grâce à lui on pouvait extraire 30 kg de fibre par heure ce qui permettait de lever certains obstacles à l'accroissement de la production cotonnière. A l'heure actuelle ce type de machine est toujours utilisé pour les cotons longue et extra-longue soie et pour les variétés à graines nues en Égypte, Soudan, Antilles, Indes, Pakistan, Syrie, Ouganda, et Maroc. La fibre extraite avec les égreneuses à rouleaux représente environ 20 à 25 % de la production mondiale du coton.

Parallèlement, à la fin du XVIII^e siècle, Elie Whitney inventait une machine de conception absolument différente de celle à rouleau. Elle fut presque immédiatement reprise et perfectionnée par H. Holmes. Le principe consistait à arracher la fibre en faisant passer des sortes de scies circulaires dans une masse de coton graine. L'égreneuse à scies était née et elle fut progressivement perfectionnée pour passer d'un rendement de un kilogramme de fibre à l'heure et par scie à 12 kg pour les plus performantes. Les égreneuses qui comprenaient à l'origine 16 scies en possèdent maintenant jusqu'à 158. Plus aucun frein n'existait à la production et les U.S.A. d'abord, puis le monde ensuite, commencèrent à étendre leurs surfaces cotonnières. Plus de 80 % de la production mondiale est égrenée avec ce système.

TYPES D'ÉGRENEUSES

De nombreuses marques d'égreneuses sont disponibles sur le marché mondial, et particulièrement aux États Unis d'Amérique, pays qui est le principal fabricant de ce matériel. On trouve deux types d'égreneuse basés sur les principes mentionnés précédemment.

ÉGRENEUSE A ROULEAU (fig. 52) et (photo 68).

L'organe principal de cette machine est le **rouleau** d'où elle tire son nom. Il est constitué par un cylindre en bois traversé par un axe métallique carré et recouvert d'un cuir collé possédant des aspérités naturelles (ou de toute matière synthétique de caractéristiques similaires).

Il est entaillé de trois rainures en spirale de quelques millimètres de largeur. Si l'on met en contact du coton graine avec ce rouleau tournant les fibres seront accrochées par les aspérités du cuir et le coton graine sera entraîné. Pour le maintenir un

couteau fixe, lame non coupante et légèrement souple, est tangentielle-ment appuyé contre ce rouleau. La fibre est happée par les aspérités du cuir et tirée par les rainures mais la graine ne peut passer entre rouleau et couteau fixe. Un **couteau mobile**, non coupant également, monté sur une bielle est animé d'un mouvement alternatif vertical de telle sorte qu'il vienne légèrement frapper les graines. Sous l'action conjuguée du rouleau tournant et du couteau mobile il y a cassure de la fibre et séparation de la graine. La fibre, libérée de sa graine, est entraînée par le rouleau puis recueillie par la main-d'œuvre ou tout système de transport.

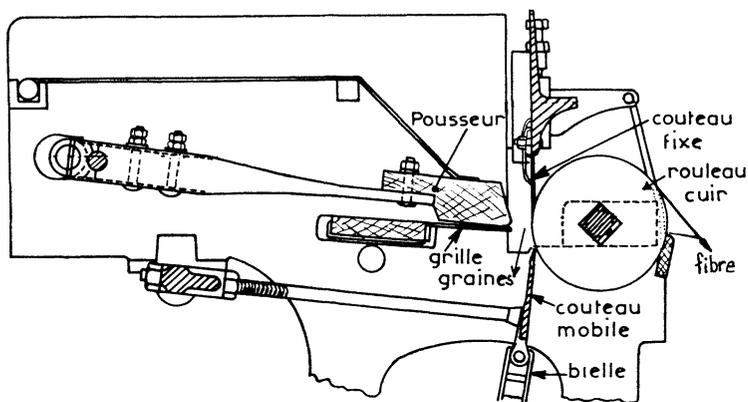


FIG. 52. — Schéma simplifié des organes principaux d'une égreneuse à rouleau.

Cette machine possède en outre une **trémie** de distribution permettant de l'alimenter régulièrement en coton graine. Elle comprend une grille de barres parallèles espacées de quelques millimètres les unes des autres permettant aux impuretés (terre, pierres, débris végétaux) d'être éliminées et une barre d'alimentation animée d'un mouvement alternatif horizontal à la base de la trémie qui pousse le coton-graine contre le rouleau. Entre la trémie et le couteau fixe existe un espace vide permettant l'évacuation des graines sans fibres. Cet espace est réglable et s'adapte à chaque type de graine suivant sa grosseur (nue ou vêtue). L'égreneuse à rouleau fonctionne par l'intermédiaire d'un volant à manivelle (laboratoire) ou d'une poulie actionnée par une force mécanique quelconque.

Le rendement horaire en fibre est fonction de la vitesse de rotation et de la longueur du rouleau ; ceux de 10 et 50 cm sont réservés aux laboratoires. Le modèle industriel a un rendement

horaire en fibre variant de 40 à 70 kg par rouleau d'un mètre suivant la variété de coton-graine et ses caractères physiques.

Ces égreneuses ne fonctionnent correctement qu'avec un coton-graine récolté à la main et relativement propre. Toute matière étrangère un peu importante risque d'endommager couteau fixe ou mobile et, petite, elle sera incrustée dans la fibre et difficile à éliminer ensuite.

Le rendement horaire sera d'autant meilleur que le coton-graine disposé dans la trémie ne sera ni tassé ni trop humide (moins de 10 %).

Ces égreneuses sont sensibles aux sucres que déposent certains insectes à la surface du coton-graine ainsi qu'à une fibre trop sèche provoquant de l'électricité statique.

ÉGRENEUSES A SCIES (fig. 54).

Les organes principaux d'une égreneuse à scies moderne comprennent :

— Les scies (fig. 53) : simples disques métalliques de 1 mm d'épaisseur possédant des dents non coupantes au profil calculé (fig. 53). Elles sont disposées tous les 30 mm sur un arbre dont elles sont solidaires. On compte de 80 à 158 scies par arbre ; certaines égreneuses actuelles utilisent 244 scies sur deux arbres. Ils tournent à des vitesses variables suivant le diamètre des scies utilisées : 500 tours pour celles de 450 mm, 650 à 900 tours pour les scies de 305 mm ;

— les barreaux ou peignes forment une grille au travers de laquelle tournent les scies mais qui empêchent les graines de passer, l'écartement entre barreaux étant de 3 à 3,5 mm ;

— l'organe séparant la fibre des scies est de deux types : le système à brosses comprenant un tambour à brosses tournant à une vitesse triple de celle des scies et en sens contraire (les poils des brosses pénètrent jusqu'au fond des dents) et le système à air utilisant un violent courant d'air. Ce dernier système tend à disparaître car la fibre égrenée est de moins belle présentation que celle obtenue par la méthode précédente. En outre en pays humide les fibres sont difficiles à détacher des scies.

Durant l'égrenage le coton-graine est soumis à divers traitements. Il passe tout d'abord dans l'alimenteur destiné à régulariser le débit de l'égreneuse puis, de là, dans la poitrinière qui est une sorte de chambre où le coton graine s'accumule sous forme d'un rouleau au contact des scies.

Les scies qui tournent entre les barreaux s'enfoncent d'une

profondeur réglable dans le rouleau en lui imprimant un mouvement tournant inverse. Elles saisissent les fibres, les entraînent jusqu'aux barreaux où les graines sont retenues. Les fibres sont donc arrachées et entraînées dans la gorge des dents puis détachées par les brosses (fig. 54).

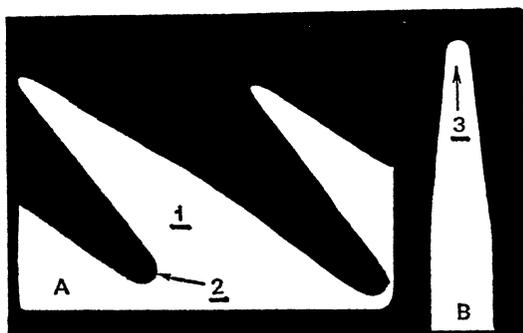


FIG. 53. — Détail des dents d'une scie d'égreneuse vue de profil A et de face B. 1, corps de la dent ; 2, la gorge ; 3, régularité et centrage de la scie.

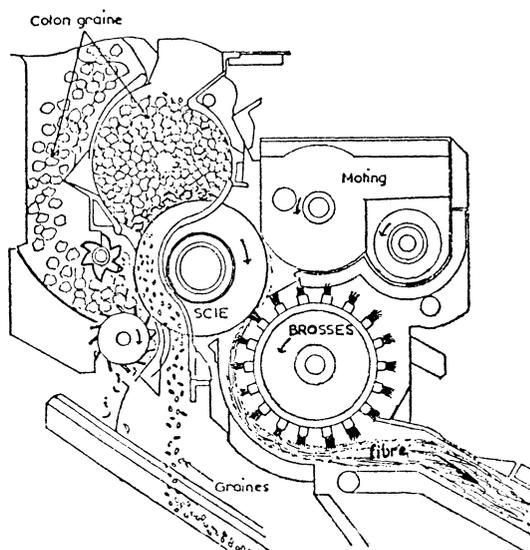


FIG. 54. — Schéma simplifié d'une égreneuse à scies, système à brosses.

Les divers traitements de nettoyage et d'extraction avant égrenage ne peuvent retirer la totalité des matières étrangères que contient le coton-graine ; une partie des impuretés échappe à ces traitements et est entraînée avec la fibre. L'égreneuse comprend donc un système destiné à parfaire le nettoyage. On l'appelle « moting » car l'essentiel des matières indésirables est constitué de graines mortes ou insuffisamment développées portant des fibres immatures appelées « motes » en anglais (intraduisible). Il existe deux « moting » : le moting supérieur opérant par force centrifuge avant que la fibre ne soit détachée des dents à scies, et le moting par gravité réalisé au moment où la fibre est enlevée des scies.

La capacité d'usinage d'une égreneuse est évaluée généralement par la quantité de fibre produite par scie et par heure. Elle varie suivant :

— le débit de l'alimenteur : pour obtenir un bon égrenage il importe que le rouleau de coton-graine dans la poitrinière reste mou ;

— la vitesse tangentielle des scies proportionnelle à la vitesse de l'arbre porte-scies et du diamètre de celles-ci.

Il est nécessaire, pour conserver intactes les qualités de la fibre, de respecter pour chaque égreneuse les recommandations du constructeur. Avec les modèles d'égreneuse de capacité normale, ayant 90 ou 120 scies d'un diamètre de 305 mm, la quantité de fibre égrenée par scie et par heure devra se situer entre 3,5 et 4 kg. Ce débit sera variable suivant l'état du coton-graine et la variété. Avec les modèles d'égreneuses dites de « haute capacité » ayant 80 à 158 scies de 305, 406 ou 457 mm de diamètre la quantité de fibre égrenée variera de 6 à 12 kg de fibre par scie et par heure.

Avec les égreneuses les plus performantes on peut atteindre près de 20 quintaux de fibre à l'heure, soit la quantité de fibre produite par plusieurs hectares de cotonniers.

USINE D'ÉGRENAGE (photo 72)

L'égreneuse est la pièce principale de l'usine d'égrenage et l'on doit en prévoir un nombre suffisant pour que la période d'égrenage dans une région de production puisse être limitée dans le temps.

Elles devront être accompagnées d'un équipement adapté au mode de récolte locale : à la main il pourra être léger, au « cotton

picker» ou «stripper» il sera important, le coton-graine étant souvent dans ce cas chargé de 10 à 30 % de matières étrangères qu'il faudra séparer du coton-graine puis de la fibre.

Étudions la succession des opérations que l'on fait subir au coton-graine puis à la fibre :

- alimentation de l'usine ;
- conditionnement du coton-graine comprenant :
 - le séchage ;
 - le nettoyage avec un ou plusieurs nettoyeurs à cylindres et extracteurs suivant que la récolte a lieu à la main ou à la machine ;
- égrenage avec son système de distribution conduisant le coton-graine au nettoyeur-extracteur-alimenteur placé au-dessus de chaque égreneuse ;
 - nettoyage de la fibre ;
 - humidification ;
 - conditionnement de la fibre : mise en balles, pressage, entoilage, cerclage ;
 - échantillonnage, marquage, stockage.

Il faut toutefois noter que dans toute usine bien organisée il existe toujours un système (by pass) permettant d'éliminer en cours de fonctionnement une opération qui serait jugée inutile.

ALIMENTATION DE L'USINE.

Celle-ci peut être faite, soit avec des cotons en provenance directe des marchés ou des champs de production, soit en partant des magasins de stockage.

Il faut avoir présent à l'esprit qu'une égreneuse est réglée pour un type de coton, humide ou non, de rendement à l'égrenage (% de fibre) élevé ou non, propre ou sale et que l'on ne doit pas mélanger les genres trop différents si l'on veut obtenir une fibre de qualité.

Le coton-graine est prélevé à l'extérieur de l'usine (remorque, camion, magasin) par aspiration pneumatique et envoyé dans un séparateur qui élimine l'air qui a servi au transport. Il tombe ensuite dans une trémie équipée d'un dispositif de réglage d'alimentation qui assurera un approvisionnement régulier aux machines.

SÉCHAGE (photo 69).

Lorsque le coton-graine est humide l'égrenage peut être considérablement ralenti parce que les fibres forment des mèches

compactes dans la gorge des scies et que celles-ci collent et sont difficilement détachées par les brosses.

On peut considérer qu'un coton-graine est humide lorsqu'il contient plus de 10 % d'eau, le taux idéal pour un bon égrenage étant de 7 %. Cette humidité peut exister en dehors de toute pluie uniquement par la présence d'une humidité relative élevée de l'atmosphère (tableau XVI).

TABLEAU XVI

Équilibre hygroscopique entre le coton et H.R. % de l'air

H.R. % DE L'AIR	% HUMIDITÉ		
	Fibre	Coton-graine	Graines
25.....	4	4,5	5
47.....	6	7,5	8,5
65.....	8	10,5	11,5
77.....	10	13,5	15,5
88.....	12	16,5	19,—
93.....	13	18,—	21.

Il est possible de sécher le coton graine en usine de diverses façons :

- avec l'air ambiant ;
- avec l'air réchauffé par des brûleurs spéciaux.

On peut sécher le coton graine à l'air ambiant quand il est en déséquilibre avec l'humidité relative de l'air, par exemple dans le cas d'apport d'eau inopportun (rosée, brouillard, pluie). Naturellement il faut consulter le tableau ci-dessus pour déterminer si l'opération est possible car si H.R. % de l'atmosphère est égale ou supérieure à 60, il n'y a aucun espoir d'amélioration. Dans ce cas on ne peut sécher le coton qu'en utilisant un courant d'air chaud.

Les séchoirs sont des enceintes closes dans lesquelles le coton-graine circule soit dans le même sens soit en sens inverse d'une arrivée d'air chaud. Si le débit de l'appareil et la température de l'air sont bien calculés et respectés le coton-graine doit ressortir à l'humidité désirée (7 %). Il existe d'ailleurs des appareils entièrement automatisés qui contrôlent débit et température.

NETTOYEUR A CYLINDRES.

Le but est de nettoyer le coton-graine et de le rendre floconneux pour faciliter l'égrenage. Il est entraîné entre des cylindres et subit

un battage qui élimine matières inertes et impuretés végétales. Les cylindres, en nombre variable, agissent successivement en plan horizontal ou incliné. L'efficacité de ce traitement est sous la dépendance de la siccité du coton-graine et du débit de la machine.

Après ce passage et suivant son état de propreté et d'humidité le coton-graine peut être conduit soit vers un extracteur, soit vers un nouveau cycle de nettoyage, soit directement à l'égreneuse par la vis de distribution.

EXTRACTEUR (photo 70).

C'est une machine complétant le travail du nettoyeur. Il élimine les grosses impuretés et les débris de capsule par un système basé sur celui du cardage : un cylindre de grand diamètre, couvert de dents et tournant à faible vitesse, saisit les valves de coton-graine tandis que plusieurs petits cylindres dentés ou à brosses extirpent tiges, pailles, matières étrangères. L'extracteur est surtout utilisé dans les régions à récolte mécanique ou à capsules indéhiscentes.

DISTRIBUTEUR.

Placé après l'une des opérations précédentes c'est une sorte de long couloir dans lequel une vis sans fin transporte le coton pour le répartir dans le nettoyeur-alimenteur de chaque égreneuse. Un distributeur est commun en général à 2 et jusqu'à 5 égreneuses ; il se termine par un trop-plein qui reprend le coton-graine pour le ramener soit dans la trémie de réglage d'alimentation, soit en un point quelconque du circuit de nettoyage.

NETTOYEUR DE FIBRE OU « LINT CLEANER ».

Il existe une limite dans le degré de nettoyage du coton-graine au-delà de laquelle la fibre peut subir de graves dommages, cette limite variant avec le type de coton traité. Les chercheurs américains se rendirent compte qu'avec un coton récolté mécaniquement il n'était pas possible d'obtenir une fibre de grade et de préparation satisfaisants avec l'équipement maximum admissible de nettoyage du coton-graine. Il fallait donc nettoyer la fibre à sa sortie de l'égreneuse et avant son passage dans le condenseur. Il est effectué avec un type de machine dont la première conception remonte à 1939 et qui connaît depuis une vogue croissante. Actuellement on trouve trois types de « *lint cleaners* » : l'un utilise uniquement le courant d'air pour effectuer le nettoyage par différence de gravité, les deux autres fonctionnent d'après un principe de peignage de la fibre par un cylindre garni de dents et tournant à grande vitesse.

L'un d'eux enlève la fibre du cylindre au moyen d'un tambour à brosses, le second grâce au système « air blast » (courant d'air).

Les « lint-cleaners » peuvent être utilisés soit individuellement derrière chaque égreneuse, soit en série, soit en tandem avant le condenseur. Parmi les déchets on trouve de fines particules de feuilles ou de coques, des « motes », des poussières et des fibres généralement courtes. Le « lint-cleaning » présente l'inconvénient de réduire la dimension des particules des feuilles qui par la suite s'enlèvent difficilement de la fibre, ce qui rend les filateurs assez réticents à l'usage de ce genre de traitement. De plus, il camoufle certains défauts du coton en diluant par exemple les fibres immatures ou malades dans la masse.

L'amélioration du grade de la fibre sera sensible pour les cotons de bas grade à l'entrée dans le lint-cleaner mais minime pour ceux « Strict Middling » et plus. Le nettoyage de la fibre ne sera rentable que si la plus-value obtenue par l'augmentation du grade de la fibre compense la perte en poids découlant de cette opération. Dans certaines usines on a tendance à remplacer une partie de l'équipement de nettoyage du coton-graine par des nettoyeurs de fibres, ces derniers ayant une action mécanique plus douce et provoquant moins de dommages aux fibres.

L'emploi des « lint-cleaners » s'est généralisé principalement aux États-Unis et dans les régions où la récolte mécanique est pratiquée. Dans les pays où la cueillette se fait à la main son utilisation ne se justifie pas.

CONDENSEUR. HUMIDIFICATEUR.

A la sortie des égreneuses, ou des nettoyeurs, la fibre est en suspension dans un courant d'air produit par les brosses de l'égreneuse ou le système à air, et elle est transportée jusqu'au condenseur.

Son organe principal est un grand tambour grillagé tournant lentement et sur lequel les fibres viennent s'appliquer extérieurement, l'air étant évacué, avec ses impuretés, par le centre de ce tambour. Le coton est recueilli en nappe et, détaché du tambour, s'achemine vers une presse. Dans beaucoup de pays où l'état hygrométrique de l'air est bas, et où la fibre qui vient d'être égrenée est très sèche (humidité inférieure à 6-7 %), on humidifie la nappe de fibre à l'aide d'un système de pulvérisation qui utilise de l'eau additionnée d'un produit mouillant pour favoriser sa rapide dispersion dans la fibre. Cette opération a surtout pour but de rendre plus aisé le pressage de la fibre, les organes de la presse étant ainsi soumis à un moins grand effort. L'humidification alourdit la balle d'environ 1 % en poids.

CONDITIONNEMENT DE LA FIBRE

La fibre est ainsi à la disposition de l'usine mais difficilement transportable vu sa très faible densité. Il est donc nécessaire de la conditionner en lui faisant subir trois opérations :

- pressage-cerclage,
- marquage,
- échantillonnage-stockage.

LE PRESSAGE-CERCLAGE (photo 71).

La majorité des presses en usage est du type pivotant, à double coffre. Certaines presses anciennes n'ont qu'un seul coffre. La fibre est amenée dans le coffre par un tasseur mécanique qui a pour fonction d'admettre cette fibre en quantité déterminée et à intervalles réguliers, puis de la tasser de manière à en réduire le volume. Un piston hydraulique compresse la fibre dans le coffre pour lui donner la forme de la balle. Le double coffre permet aux usines à grande capacité d'égrenage de fonctionner continuellement : lorsqu'un coffre est en cours de remplissage, le second est soumis au pressage.

Les presses se différencient par leur puissance, c'est-à-dire par la pression totale qu'elles sont capables d'exercer sur le coton. Ainsi on rencontre des modèles permettant d'obtenir des balles dont la densité (poids de fibre au mètre cube) varie :

à basse densité.....	192 kg au m ³
à densité standard.....	385 kg au m ³
à forte densité.....	580 kg au m ³

La densité standard est actuellement la plus courante.

Le poids des balles obtenues avec les diverses presses utilisées à travers le monde varie de 100 à 300 kg.

Lorsque la fibre est comprimée à la densité voulue la pression est maintenue constante et on enlève le coffre. La balle est habillée avec différentes matières suivant le lieu. Dans les Amériques on utilise généralement des toiles de coton grossières, parfois doublées intérieurement d'un film de matière plastique de protection, dans d'autres pays de la toile de jute. Les filateurs sont généralement hostiles à l'emploi du jute, les fibres accidentellement mélangées au coton étant très difficiles à éliminer.

Puis la balle est cerclée avec des cordages (basse densité), des feuillards ou du fil de fer à nœud préparé que la main d'œuvre peut accrocher à main nue.

La balle est enfin dégagée de la presse et on marque à l'aide d'un pochoir son numéro d'ordre, son origine, son poids brut.

Il existe maintenant des presses qui automatisent toutes les opérations de conditionnement : pressage, habillage, cerclage, marquage et sortie de presse.

ÉCHANTILLONNAGE, STOCKAGE.

La balle sera vendue aux filatures généralement éloignées des lieux d'égrenage.

L'estimation de sa valeur marchande peut être fixée de nombreuses manières mais, en dernier ressort, seul un échantillon de fibre pris dans la balle apporte une certitude à l'acheteur.

Il n'existe aucune règle précise pour cette prise d'échantillon mais en général elle se fait soit avant le pressage, soit lorsque la balle est déjà terminée. Dans le premier cas on prélève à la main ou au moyen d'un système automatique et à intervalle régulier, un échantillon de fibre pour constituer l'échantillon de référence de la balle. Dans certains pays cet échantillonnage n'a lieu que sur un pourcentage des balles (un échantillon sur dix balles ou plus, ou moins), dans d'autres, comme aux U.S.A., la prise est systématique pour constituer un fichier automatisé de toute la production. Lorsque l'échantillonnage a lieu après la mise en balle on prélève la fibre sur un côté de celle-ci. A l'aide d'une scie circulaire à main ou d'un couteau spécial on découpe une fenêtre entre deux feuillards et on prélève la fibre ainsi dégagée de la balle (photo 74).

La balle ainsi préparée, répertoriée et échantillonnée, est stockée soit sur les lieux mêmes d'égrenage (dehors ou sous hangar suivant le climat), soit dans les magasins des ports d'embarquement.

DONNÉES NUMÉRIQUES LIÉES A L'ÉGRENAGE

La fibre représente plus de 85 % de la valeur marchande de la récolte de coton-graine. Il est donc important, aussi bien au producteur qu'à l'industriel chargé de l'égrenage, de connaître avec précision la proportion de fibre que contient cette récolte, pour l'un parce que c'est un élément direct de son bénéfice de culture, pour l'autre parce qu'il doit pouvoir contrôler l'efficacité de son travail et la valeur de ce qui lui est confié ou vendu.

Le rendement à l'égrenage, quelle que soit la variété égrenée, est exprimé généralement par des formules assez dissemblables :

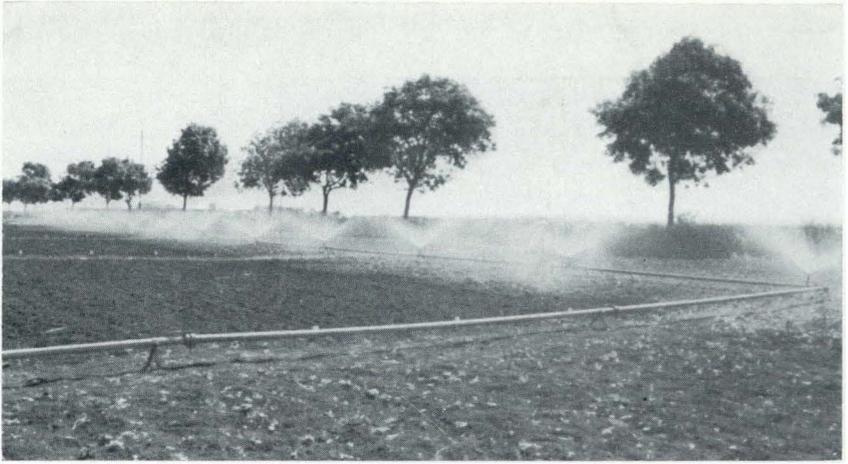


PH. 41. — Irrigation en cuvettes billonnées : phases de submersion et d'infiltration.

PH. 42. — Irrigation par infiltration à l'aide de siphons sur le canal d'arrivée.



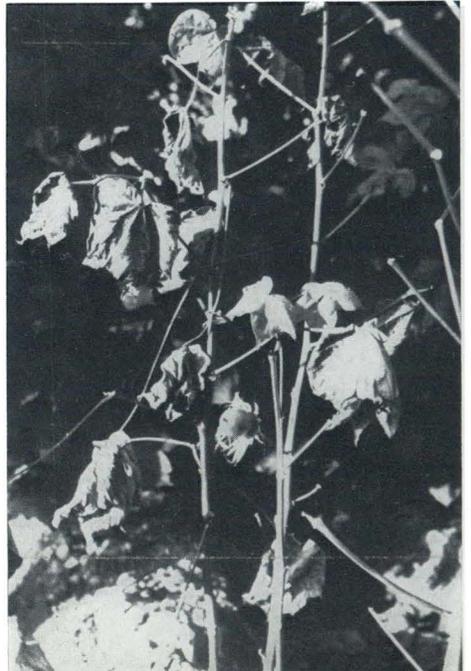
PH. 43. — Irrigation en billons longs (plusieurs centaines de mètres).



PH. 44. — Irrigation par asperseurs fixes.



PH. 45. — Irrigation par asperseurs rotatifs (I.R.C.T.).



PH. 46. — Verticilliose du cotonnier (I.R.C.T.).

— **rendement brut** % ou rendement industriel, ou pourcentage de fibre présent dans la récolte soit :

$$\frac{\text{poids de la fibre}}{\text{poids du coton graine}} \times 100$$

Le calcul permet de trouver également le rendement en graine.

— **rendement en fibre**, utilisé dans certains pays et plus particulièrement par les industriels de l'égrenage en Amérique latine pour exprimer la quantité de coton-graine nécessaire pour obtenir 100 de fibre, les deux facteurs étant en même unité de poids (kilogramme, livres anglaise ou espagnole) :

$$\frac{\text{poids de coton-graine}}{\text{poids de la fibre}} \times 100$$

C'est le résultat mathématiquement inverse du précédent et il est facile de passer de l'un à l'autre. Il permet, connaissant le débit optimum de l'égreneuse, un réglage plus aisé du nettoyeur-extracteur-alimenteur.

— **rendement net** % ; on exprime ici le pourcentage de fibre obtenu par rapport aux composantes du coton-graine récolté :

$$\frac{\text{Poids de la fibre}}{\text{Poids de la graine} + \text{poids de la fibre}} \times 100$$

Le résultat obtenu n'est donc influencé que par les conditions de nettoyage de l'usine d'égrenage et donne un chiffre beaucoup plus indépendant des conditions dans lesquelles la récolte a été effectuée puisque les matières étrangères sont éliminées du calcul. Il représente le chiffre le plus précis de la valeur de la récolte, permet les comparaisons entre variétés différentes nécessaires au sélectionneur et de s'affranchir du lieu d'usinage si les taux d'humidité sont similaires.

RELATIONS ENTRE LES RENDEMENTS D'ÉGREPAGE.

La comparaison des chiffres bruts et nets de rendement à l'égrenage permet d'utiles vérifications. Tout d'abord, signalons qu'il est très facile de passer d'un terme à l'autre si l'on connaît les pertes à l'égrenage %

$$\text{Rendement net \%} = \frac{\text{Rendement brut \%}}{100 - \text{pertes \%}} \times 100$$

$$\text{Rendement brut \%} = \frac{\text{Rendement net \%} \times (100 - \text{pertes \%})}{100}$$

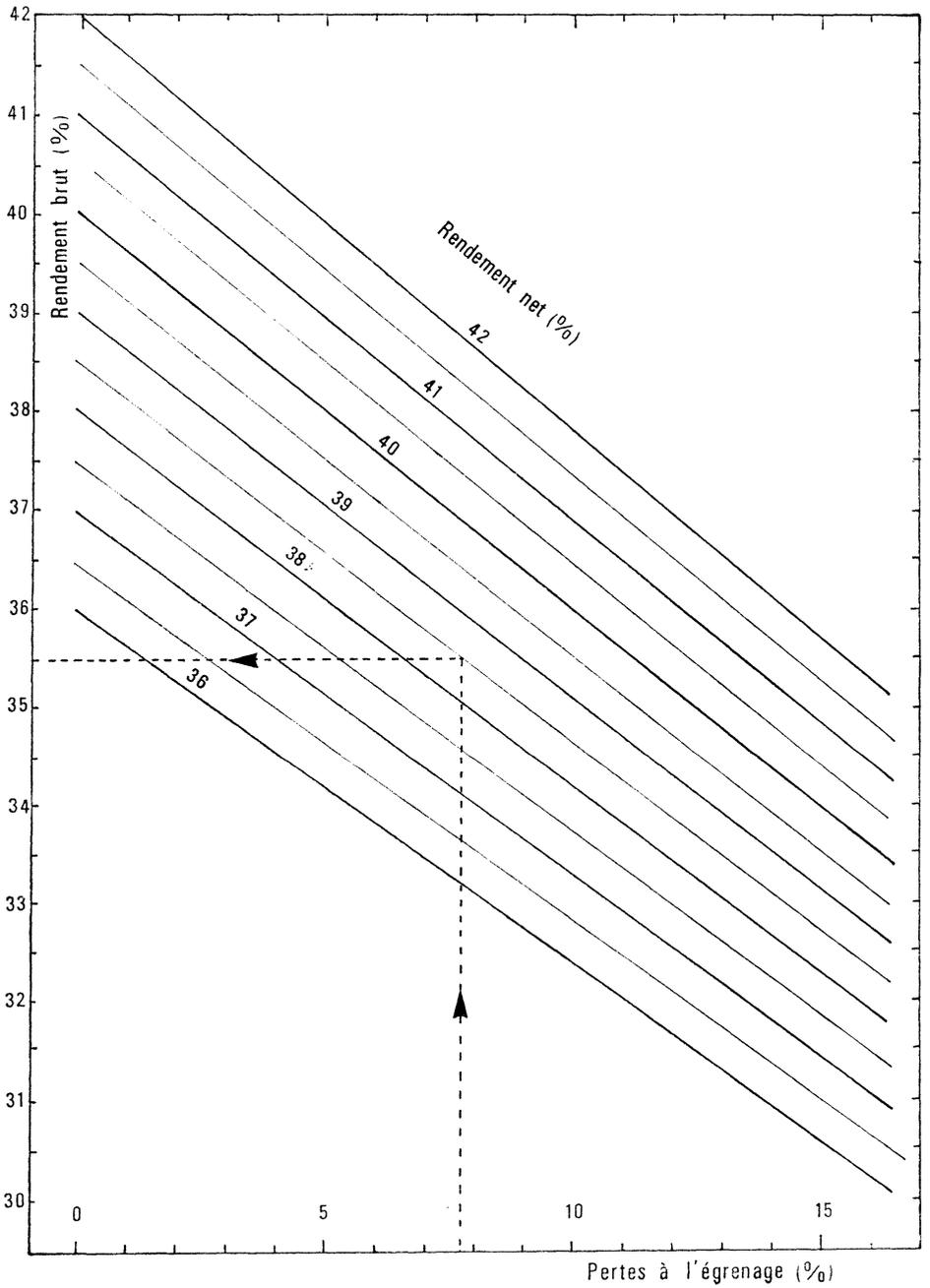


FIG. 55. — Relations entre rendement net à l'égrenage et rendement brut en fonction des pertes à l'égrenage.

Ces résultats sont transcrits sur des abaques (fig. 55) qui permettent :

— connaissant le rendement brut % et les pertes à l'égrenage % de pouvoir vérifier si le rendement à l'égrenage se situe dans les valeurs régionales habituelles. Dans le cas contraire, il y aurait lieu d'en rechercher les causes (production, récolte, usinage) ;

— ayant déterminé le rendement brut, et connaissant le rendement net habituel d'une variété, de pouvoir estimer approximativement le pourcentage de perte à l'égrenage. Celui-ci donne une bonne appréciation des conditions dans lesquelles la récolte a été faite et permet d'agir utilement auprès des cultivateurs.

CHAPITRE XII

CLASSEMENT ET QUALITÉ DE LA FIBRE

Les lieux de production de coton sont souvent très éloignés des usines utilisant cette fibre. Or chaque type de fabrication de produits finis a ses exigences industrielles ; n'importe quelle fibre ne peut être employée à n'importe quel usage. Ceci explique le désir de l'utilisateur de connaître avec exactitude les cotons qui lui sont proposés par le producteur par l'intermédiaire d'un négociant en fibre.

Tout le marché cotonnier est soumis à des expertises de fibre qui déterminent les prix entre acheteur et vendeur en conformité avec les cours mondiaux. Chaque balle de coton est donc répertoriée ; un échantillon est prélevé et analysé par des spécialistes. Ceux-ci, appelés classeurs, déterminent la valeur des échantillons qui pourront être contrôlés plusieurs fois au cours des transactions commerciales.

On doit noter toutefois que cette appréciation des qualités commerciales est subjective car elle dépend, pour une grande part, de la compétence et de l'expérience du classeur. Elle a l'avantage d'être rapide, mais l'inconvénient d'être incomplète et peu précise. Les laboratoires de recherches et de plus en plus d'industries ne se contentent plus du simple classement commercial et font appel à des instruments qui ont été conçus pour obtenir une mesure précise des diverses qualités de la fibre.

Nous étudierons donc successivement le *classement commercial* qui intéresse une grande partie des transactions mondiales et l'*analyse physique de laboratoire* destinée aux chercheurs et industriels utilisateurs de la fibre.

LE CLASSEMENT COMMERCIAL

C'est une opération importante puisque de ce classement dépend le prix de la récolte et, d'autre part, la vocation du coton à un emploi déterminé. La base de ce classement est la longueur.

On peut préciser que 80 % au moins de la production mondiale vont aux articles de grande consommation utilisant des cotons de 22 à 30 mm de longueur (*G. hirsutum*). Les cotons de longueur supérieure à 30 mm (*G. barbadense*), pour la plupart, seront destinés à la filature plus fine, surtout peignée, ainsi qu'à la fabrication de tissus techniques très spécialisés où ils sont difficilement remplaçables. Les beaux cotons de ouaterie (pansements) sont à base de cotons très courts de l'Inde et du Pakistan (en général *G. herbaceum*) ; beaucoup de déchets de coton servent à la fabrication du coton hydrophile utilisé pour les articles d'hygiène.

Le classement se fait dans des salles spéciales où la lumière du jour est recomposée et l'atmosphère contrôlée en température (21 °C) et humidité (65 %). Trois bases sont prises en considération :

- l'aspect ou grade de la fibre ;
- la longueur de la fibre ;
- les caractères de la fibre.

Le grade.

Le grade des cotons est un indice de propreté et de présentation : il est défini par les combinaisons de trois facteurs : couleur, impuretés et préparation.

La couleur est fonction de la teinte, de l'éclat (brillant, normal ou mat) et de l'intensité ou degré de coloration. Les cotons sont classés en blanc, taché, teinté, jaune et gris (extra-white, white, spotted, tinged yellow and grey). Les Britanniques étant les plus anciens commerçants de coton, toute la terminologie cotonnière est anglaise à la base.

Les impuretés peuvent être des débris de feuilles, de bractées, de brindilles, de graines avortées, de fragments de coques, du sable ou de la terre. Plus les matières étrangères végétales sont petites, plus elles sont préjudiciables à la qualité du coton. Les petits débris de feuilles sont appelés « puces » ; on parle aussi de « pepper-trash » lorsque ces particules sont très fines.

Le nettoyage de la fibre au Shirley Analyser donne pour les divers grades, les taux de pertes visibles et invisibles (« non lint content ») suivants :

<i>Grade</i>	<i>% Matières étrangères aux fibres</i>
Strict Middling.....	1,9
Middling.....	2,3
Strict Low Middling.....	3,1
Low Middling.....	4,4
Strict Good Ordinary.....	5,6
Good Ordinary.....	7,2

La préparation. Les récoltes qui auront souffert durant la maturation des capsules, et celles effectuées dans de mauvaises conditions seront chargées en valves immatures mouillées et parasitées. L'égrenage mal conduit (débit trop élevé, hygrométrie excessive ou insuffisante, nettoyage trop poussé) facilitera la formation de mèches plus ou moins enroulées et de fibres coupées. Pour toutes ces causes et raisons le coton sera déprécié par la présence de neps, gin cut, puces, pepper trash, etc. La préparation est descriptive, c'est-à-dire non matérialisée dans les boîtes standards (voir plus loin), et il y a trois classements : bon, moyen et mauvais.

Le classement proprement dit. Pour classer le coton on se sert d'une échelle de comparaison constituée d'échantillons normalisés qu'on appelle « standards » ou « types ». Pendant longtemps chaque marché importateur avait ses propres types qui variaient de l'un à l'autre. Il existe maintenant des standards universels, préparés par le Département d'Agriculture des États-Unis, mais de nombreux pays ont encore leurs propres standards tenant compte de leur propre production ou adaptés à leur manière de commercialiser. Pour des pays à faible production ou ceux dont les récoltes sont peu diversifiées une échelle universelle de classement ne s'impose pas. Ainsi, par exemple, en Côte-d'Ivoire il n'y a que six grades dans la région Nord : du meilleur au moins bon, Budo Supérieur, Budo, Kobo, Bilo (coton gris), Core (coton jaune) et Kobé. En El Salvador, où la production est plus importante, il existe 9 grades classés ainsi d'après leur correspondance au grade international :

Grade El Salvador	Grade universel correspondant (cf. tableau XVII)
A — SUPRA	G. M.
B — MAGNA	S. M.
C1 — A N A	M. plus
C2 — SALVA	M.
D1 — VERA	M. Lt. Sp.
D2 — S L B D	M. Lt. gray
D3 — MART	SLM Lt. gray
E — LENA	SLM Lt. Sp.
F — FLOR	SGO à G.O.
	Below grades

On pourrait citer d'autres exemples, tous ayant une correspondance avec un ou un ensemble de grades universels.

TABLEAU XVII

Les grades universels

—————→ Variation de la couleur du blanc pur au gris terne

	DÉNOMINATION	COULEUR						
		White (Blanc)	Light Spotted (peu-taché)	Spotted (taché)	Tinged (teinté)	Yellow Stained (jaune)	Light Gray (gris- clair)	Gray (Gris)
degré croissant d'impuretés ↓	Strict Good Middling, ..	SGM						
	Good Middling.....	GM	GM Lt Sp	GM Sp	GM Tg	GM YS	GM Lt gray	GM gray
	Strict Middling.....	SM	SM Lt Sp	SM Sp	SM Tg	SM YS	SM Lt gray	SM gray
	Middling plus, Middling	M	Mid Lt Sp	Mid Sp	Mid Tg	Mid Ys	Mid Lt gray	Mid gray
	Strict Low Middling plus, Strict Low Middling..	SLM	SLM Lt Sp	SLM Sp	SLM Tg		SLM Lt gray	SLM gray
	Low Middling plus, Low Middling.....	LM	LM Lt Sp	LM Sp	LM Tg			
	Strict Good Ordinary plus, Strict Good Ordinary.....	SGO						
	Good Ordinary plus, Good Ordinary.....	GO						
	Below Grade.....							

Nota : Les grades en caractères gras représentent les standards physiques disponibles en boîtes.

Il y a des standards pour les cotons type Upland (égrenés à la scie) et d'autres pour les cotons type *G. barbadense* (égrenés au rouleau).

Les standards universels (standards officiels de coton des États-Unis pour le grade du coton type Upland américain) du 15 juin 1963 comprennent quarante grades dont quinze sont matérialisés par des échantillons présentés dans des boîtes (photo 73), les vingt-cinq autres étant des standards descriptifs (tableau XVII).

Les principaux grades physiques blanc (white) sont les suivants :

GM = Good Middling : coton blanc ou légèrement crème brillant sans impuretés.
 SM = Strict Middling : moins brillant avec quelques impuretés.
 M = **Middling** : coton blanc avec quelques débris de feuilles et de graines.

Ce grade sert de base aux contrats de livraison à terme.

SLM = Strict Low Middling : plus d'impuretés que le précédent.
 LM = Low Middling : " " "
 SGO = Strict Good Ordinary : " " "
 GO = Good Ordinary : quantité considérable de morceaux de feuilles, de « motes », etc.

Les autres grades physiques sont des cotons tachés (spotted) ou teintés (tinged).

L'USDA confectionne tous les trois ans de nouveaux standards universels en accord avec quatorze associations de coton provenant de dix pays consommateurs d'Europe et d'Asie. Les boîtes standards sont confectionnées avec des cotons de bonne à moyenne préparation.

En résumé un grand nombre de facteurs peuvent influencer le grade du coton, que l'on doive les subir ou qu'ils puissent être modifiés favorablement :

- les conditions climatiques saisonnières ;
- l'importance du parasitisme dans les cotonneraies ;
- le triage des récoltes avant l'usine ;
- le degré d'équipement des usines d'égrenage pour le conditionnement et le nettoyage du coton-graine et de la fibre ;
- l'état d'usure du matériel d'égrenage et en particulier les scies ;
- le débit d'égrenage exprimé en kg/scie/heure.

La longueur au pulling.

Le négoce utilise les termes de longueur de soie, longueur commerciale, « staple » ou « pulling ». C'est une caractéristique importante sinon la principale.

La méthode de mensuration utilisée par les classeurs est celle que l'on appelle la méthode par « pulling ». Elle consiste à faire une petite mèche de fibre à partir d'une portion typique du lot, d'une balle par exemple. La poignée de fibres prélevée est soigneusement parallélisée par tirage entre les mains, avec élimination progressive de façon à n'avoir plus entre les doigts qu'une grosse pincée de fibres. On l'égalise par tirage des extrémités flottantes et par superpositions. Finalement, il reste une mèche rectangulaire que l'on pose sur fond noir (photo 75). On mesure alors la longueur en pouces et fractions de pouce.

Le commerce international classe généralement les fibres

estimées au pulling par grand groupe de longueur. Ce classement est toutefois différent suivant l'espèce considérée.

Le Département de l'Agriculture des U.S.A. fournit les standards officiels du « staple » dont se servent les classeurs pour leurs propres étalonnages. Comme nous le voyons dans le tableau XVIII la longueur se donne en pouce (25,4 mm) et en 1/32 de pouce (0,7939 mm).

TABLEAU XVIII
Classement des longueurs au pulling

LONGUEUR		CLASSEMENT		LONGUEUR		CLASSEMENT	
<i>inch</i>	<i>mm</i>	<i>USA</i> Upland	<i>Égypte</i> G. barbadense	<i>inch</i>	<i>mm</i>	<i>USA</i> Upland	<i>Égypte</i> G. barbadense
3/4	19,1	courtes	courtes	1 1/4	31,7	extra	longues moyennes soies
13/16	20,6			1 9/32	32,5		
7/8	22,2			1 5/16	33,3		
29/32	23			1 11/32	34,1		
15/16	23,8						
31/32	24,6	soies		1 3/8	34,9	longues	longues
1 inch	25,4	moyennes		1 13/32	35,7		
1 1/32	26,2			1 7/16	36,5		
1 1/16	27	soies	soies	1 15/32	37,3		
1 3/32	27,8			1 1/2	38,4		
				1 9/16	39,7		soies
1 1/8	28,6	longues		1 5/8	41,3	soies	extra longues soies
1 5/32	29,4		moyennes	1 11/16	42,9		
1 3/16	30,2		soies	1 3/4	44,4		
1 7/32	30,9	soies					

Le Caractère.

Il comprend des propriétés qui ne sont pas incluses dans le grade et la longueur mais que le classeur utilise parfois pour mieux décrire un coton. Ces propriétés sont estimées au cours du pulling.

La **résistance** à la rupture et l'**élasticité** seront appréciées en tirant sur la mèche du pulling. L'**uniformité** pourra être précisée par la difficulté que le classeur aura rencontrée pour constituer sa mèche. La **finesse** sera estimée au toucher en faisant rouler les fibres les unes sur les autres. Mais ces estimations sont très aléatoires et subjectives alors que des appareils peuvent les mesurer avec précision. Le classeur jugera aussi le « corps » et le « crochet » du coton ; pour ces caractères, il n'existe aucun appareil de mesure ni standard commercial.

Le **corps** est la compacité relative d'une masse de fibres. Un coton « qui a du corps » donne l'impression de rebondi, il possède aussi une bonne élasticité à la pression. Un coton « mou » ou « mort », n'a pas cette élasticité : il reste comprimé.

Le **crochet** est la résistance au tirage offerte par les fibres durant un pulling.

Le corps et le crochet sont des qualités recherchées. La première assure le caractère gonflant aux tissus ; la seconde assure une meilleure adhérence des fibres entre elles lors de la filature.

ANALYSES PHYSIQUES AU LABORATOIRE

Comme l'appréciation par les classeurs du grade, de la longueur et du caractère à l'œil et au toucher aboutit parfois à des résultats décevants pour l'industriel, des méthodes d'analyse et des instruments ont été mis au point grâce auxquels on peut mesurer la plupart des caractéristiques de la fibre.

Pour effectuer des essais valables sur coton il est nécessaire de posséder une bonne pratique des instruments et ces derniers doivent être constamment vérifiés, étalonnés et les résultats obtenus ajustés à ceux du coton standard. Pour que les analyses soient comparables dans le temps et entre divers laboratoires, il est indispensable aussi que les conditions dans lesquelles on travaille soient constantes : humidité relative $65 \% \pm 2 \%$ et température de $21\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($70^{\circ}\text{F} \pm 2^{\circ}$).

ÉCHANTILLONNAGE.

L'échantillon sur lequel seront effectuées les analyses de qualité de la fibre provient d'une partie de celui qui a été pris sur une balle. Il représentera une quantité très faible (30 à 40 g) par rapport à celle de la balle de référence (± 220 kg).

Il est donc en conséquence très important que l'échantillon initial soit bien représentatif du lot d'où il est issu et que les fibres analysées soient très homogènes pour réduire le nombre d'épreuves par appareil.

L'échantillon initial est pris soit entre le condenseur et la balle, soit sur celle-ci ; dans les deux cas on peut le considérer comme assez homogène. L'échantillon destiné aux études autres que longueur et couleur sera préparé en prélevant au hasard des pincées de fibre pour obtenir une dizaine de grammes de coton.

Cet échantillon subira une préparation finale avec un appareil appelé « blender » qui rendra le mélange de fibres très homogène (photo 76). L'échantillon passe sous un cylindre d'alimentation

cannelé qui présente les fibres à une carde (petites aiguilles métalliques recourbées vers l'avant) fixée sur un tambour tournant (voir fig. 56).

La vitesse de rotation du tambour étant très supérieure à celle du cylindre d'alimentation, la carde se garnit régulièrement de fibres. La nappe fibreuse qui résulte de l'opération est formée d'une série de couches superposées dont les éléments ont été prélevés dans des sections longitudinales de la masse de coton.

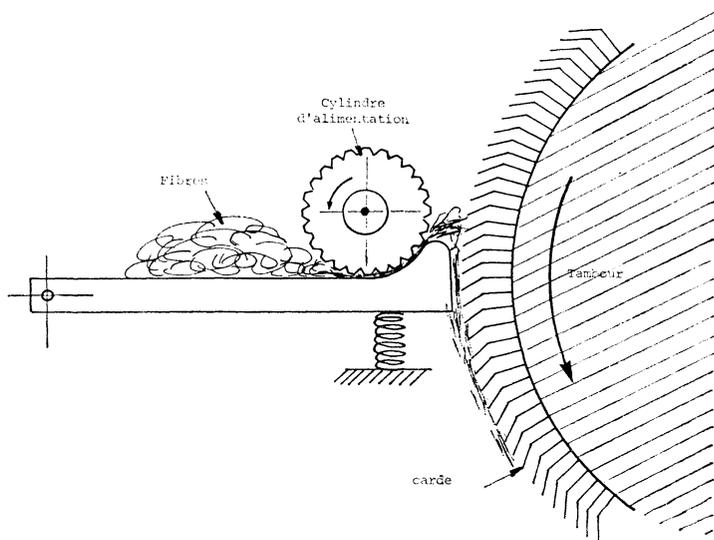


FIG. 56. — Schéma d'un mélangeur de fibres.

L'échantillon est retiré du tambour et l'opération répétée deux ou trois fois assure un excellent mélange de la fibre.

L'échantillon enfin prêt est placé dans la salle d'analyse à air conditionné où il va se mettre en équilibre hygroscopique ; six heures après, il peut être analysé.

LA LONGUEUR.

C'est une des principales caractéristiques de la fibre puisque les fils et les tissus que l'on pourra fabriquer à partir d'un coton auront des caractères propres à chaque longueur.

Tous les appareils destinés à mesurer la fibre ont fait appel à des méthodes et des dispositifs qui tendaient à donner une longueur qui se rapproche de celle du pulling. Or, cette longueur n'est pas la simple moyenne des longueurs d'un échantillon puisque, dans la mèche à mesurer, une partie importante des fibres

est cachée par les plus longues. Les industriels utilisateurs de coton veulent donc avoir un moyen permettant de connaître la distribution des longueurs de fibres dans un échantillon et plus particulièrement la proportion des plus courtes qui sont susceptibles de modifier les performances de leurs usines.

Actuellement il existe un certain nombre de méthodes, de dispositifs et d'instruments permettant de mesurer la longueur d'un coton en laboratoire. Ils sont de deux types très différents :

- appréciations mécaniques,
- instruments photo-électriques.

L'appréciation mécanique de la longueur fait appel à des appareils simples, composés en général d'une ou deux séries de peignes parallèles, et désignés par le vocable « instruments à champs de peignes ». Les techniques opératoires sont faciles et permettent d'obtenir des valeurs qui caractérisent bien la distribution des longueurs de fibres de l'échantillon. Ces techniques sont cependant assez lentes (20 mn par échantillon) et ne sont utilisées que par certains laboratoires. Elles ont été pratiquement toutes détrônées par des instruments photo-électriques plus rapides.

C'est K. L. HERTEL qui a conçu le premier appareil de ce type en 1940.

Le principe de l'analyse est basé sur la mesure de la densité optique de l'échantillon dont les fibres, disposées sous forme de frange, sont balayées par un rayon lumineux. Les variations de l'intensité lumineuse qui traverse l'échantillon sont traduites en courbe par l'appareil ; par des méthodes appropriées on extrait de cette courbe les données concernant la longueur et l'homogénéité de longueur.

Les premiers appareils, très simples, traçaient effectivement une courbe appelée *fibrogramme* d'où l'appareil a tiré son nom : Fibrographe.

Au cours des années les appareils ont évolué vers des formes de plus en plus complexes et automatisées faisant appel à des ensembles électroniques, d'abord à tubes, puis à transistors, enfin à circuits intégrés pour les plus récents modèles. Ils ont actuellement les dimensions approximatives d'une machine à écrire.

Fibrographe digital (*Fibrograph Spinlab*).

Vers 1960, un changement radical s'est produit avec le remplacement du tracé des courbes par l'affichage des données sur des compteurs. Ce nouveau type d'appareil fut appelé *digital Fibrograph*. L'avantage principal de cette nouvelle génération d'instruments est un accroissement considérable de la rapidité dans la mesure elle-même.

Chaque nouvelle version du fibrographe s'est montrée plus rapide que la précédente pour la mesure de la longueur et on arrive à présent à une automaticité presque complète. Alors qu'il fallait 6 à 8 minutes pour mesurer la longueur avec le fibrographe manuel, on ne mettait plus que 2 à 3 mn avec le premier fibrographe digital. Avec le modèle le plus récent on détermine la longueur en 15 secondes (photo 77).

L'originalité du fibrographe digital est de choisir, sans tracer le diagramme, les mesures de longueurs des fibres qui sont en relation directe avec la façon dont les fibres sont travaillées industriellement, ceci principalement dans les zones d'étirage lors du processus de filature.

Les longueurs obtenues avec ces modèles de fibrographe sont quelque peu différentes de celles obtenues précédemment et sont appelées « span length » ou « longueur d'extension ». Elles sont lues directement sur des compteurs numériques, ou digitaux, gradués en pouce et en millimètres. Un traceur de diagrammes, une imprimante ou une perforatrice de cartes peuvent être connectés sur certains modèles.

Il apparaît nécessaire de définir ce qu'est la « span length » et, auparavant, le fibrogramme puisque c'est à partir de lui que peuvent être dérivées les longueurs « span length ».

Pour définir un fibrogramme du point de vue pratique supposons un échantillon théorique dans lequel les fibres auraient TOUTES la même longueur et seraient parallèles, leur répartition, dans le sens longitudinal, étant totalement laissée au hasard (fig. 57 A). En un point quelconque choisissons une base origine et ne considérons que la partie des fibres dépassant à droite de cette ligne. Ces segments — qui ont alors des longueurs différentes — peuvent être ordonnés par ordre croissant. La courbe qui joint leurs extrémités constitue un fibrogramme qui, dans ce cas, prend la forme d'une droite formant un triangle avec les axes.

La même opération réalisée avec un échantillon de coton dans lequel les fibres sont de longueurs différentes permet d'obtenir, non plus une droite, mais une courbe qui est un fibrogramme réel (fig. 57 B).

Remarquons que les fibres sont présentées aux mesures optiques du fibrographe par l'utilisation d'un peigne. Celui-ci reproduit rigoureusement la disposition des fibres parallèles pincées à une distance constante de leur base, particulièrement depuis que les peignes sont préparés d'une façon automatique au moyen de l'échantillonneur ou « Fibrosampler » ; avec cet appareil on obtient très précisément le type de distribution de fibres par prélèvement au hasard sur lequel est basée la théorie du fibrogramme.

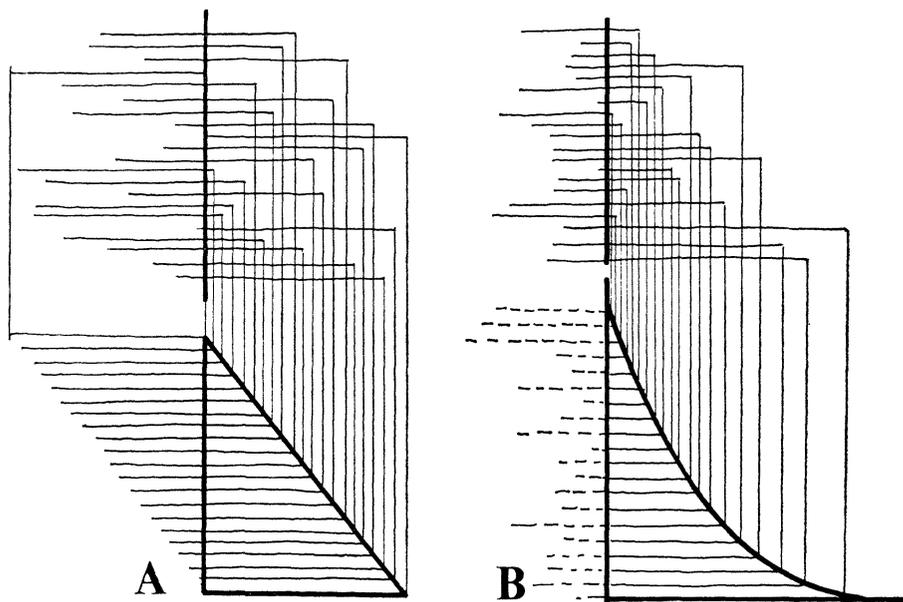


FIG. 57. — Définition d'un fibrogramme : A, échantillon théorique de fibres de même longueur. B, échantillon réel.

De ce fibrogramme dérive le concept de « span length » (S.L.). Observons la fig. 58, l'échantillon étant supposé contenir 100 000 fibres. La longueur 2,5 % S.L. est la longueur atteinte ou dépassée par les 2 500 fibres les plus longues. D'une manière semblable la longueur 50 % S.L. est la longueur atteinte ou dépassée par les 50 000 fibres les plus longues.

Les derniers appareils permettent de mesurer automatiquement les « span length » à l'aide de touches ou boutons.

En conclusion, les longueurs S.L. données par fibrographe sont les suivantes (fig. 59) :

— **la longueur 2,5 % S.L.** : C'est la longueur que 2,5 % des fibres atteignent ou dépassent. Cette longueur est en bonne corrélation avec la longueur commerciale des classeurs ;

— **la longueur 50 % S.L.** : C'est la longueur que 50 % des fibres atteignent ou dépassent. Elle est en bonne corrélation avec l'ancienne « mean length » bien qu'assez différente en valeur absolue.

A partir de ces mesures, il est en outre possible de calculer le **rapport d'uniformité** (Uniformity Ratio, U.R. %). C'est le rapport entre les longueurs lues à 2,5 % S.L. et 50 % S.L. exprimé en pourcents : $\frac{50\% \text{ S.L.} \times 100}{2,5\% \text{ S.L.}}$. L'appréciation de U.R. % est impor-

tante : en sélection un pourcentage élevé indique le coton que est uniforme, à l'égrenage et en filature un bas pourcentage est dû à la présence de fibres courtes en proportion élevée, ce qui augmentera les pertes en filature.

Estimation	Valeur U.R. %	
	U.S.A.	I.R.C.T.
Très bon.....	47 et plus	51 et plus
Bon.....	46-47	48-50
Moyen.....	44-45	45-47
Passable.....	42-43	42-44
Médiocre.....	moins de 42	moins de 41

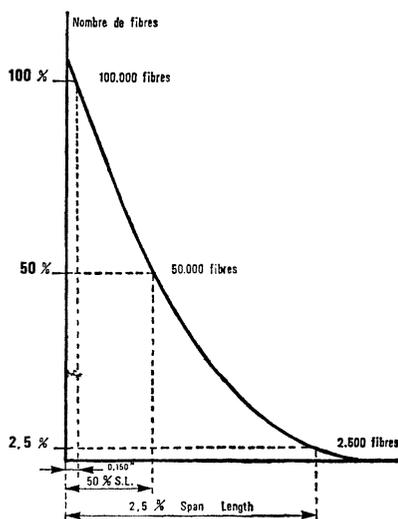


FIG. 58. — La notion de « Span Length » : les longueurs dérivées du fibrogramme.

Méthode de travail.

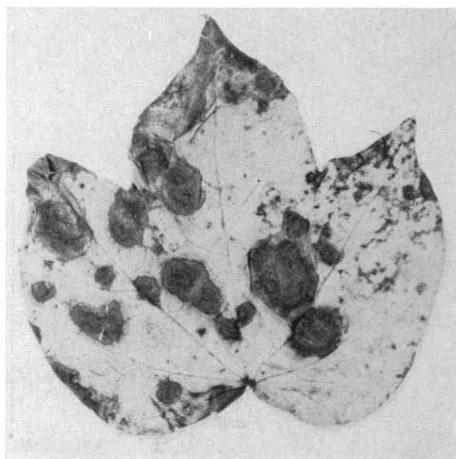
Le travail au fibrographe digital s'exécute en deux temps :

- la préparation des peignes ;
- la conduite de l'analyse sur l'appareil.

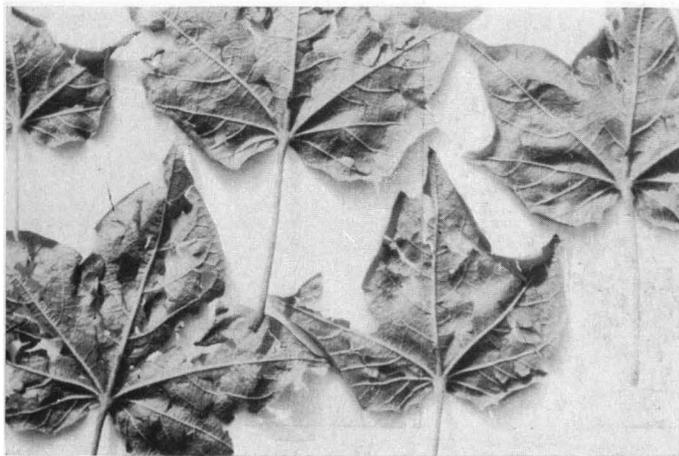
La préparation des peignes se fait au moyen du Fibrosampler. La mise en service de cet appareil, en libérant l'opérateur de la longue et fastidieuse préparation manuelle des peignes, a largement contribué à la généralisation de ce type d'analyse.



PH. 47. — La bactériose foliaire (I.R.C.T.).



PH. 48. — *Alternaria macrospora*
(J. CAUQUIL).



PH. 49. — Aspect foliaire après une attaque de *Tarsonemus* (R. DELATRE).



PH. 50. — Expérimentation acaricide au Maroc : (a) lignes de cotonniers provenant de graines traitées par systémique et (b) non traitées (J. LE GALL).

PH. 51. — Dégâts foliaires provoqués par *Trichoplusia ni* en Centre Amérique.



PH. 52. — Trou d'entrée d'une larve d'*Earias* au sommet d'une tige ainsi que le flétrissement de celle-ci.



PH. 53. — Attaque d'une chenille d'*Heliothis* sur bouton floral (une bractée a été supprimée volontairement (I.R. C.T.).

Le coton est placé à l'intérieur d'un tambour cylindrique qui comporte quelques trous sur la moitié de sa surface, l'autre moitié étant recouverte d'une garniture de cardes. Le peigne est placé dans un logement fixé sur un bras qui peut tourner autour du cylindre.

L'échantillon est prélevé en une rotation complète du peigne qui, au début, se garnit des fibres qui sortent par les trous du cylindre : ensuite, dans la seconde moitié, les fibres sont parallélisées et peignées sur la garniture de cardes. Lorsque le peigne revient à son point de départ il est prêt à être placé sur le fibrographe.

La préparation de chaque peigne dans le « Fibrosampler » doit se faire sur une partie de la masse de fibre non encore échantillonnée, à un endroit où tous les composants de la population sont présents dans leurs proportions réelles. Un échantillon ne peut donc servir à plusieurs peignes.

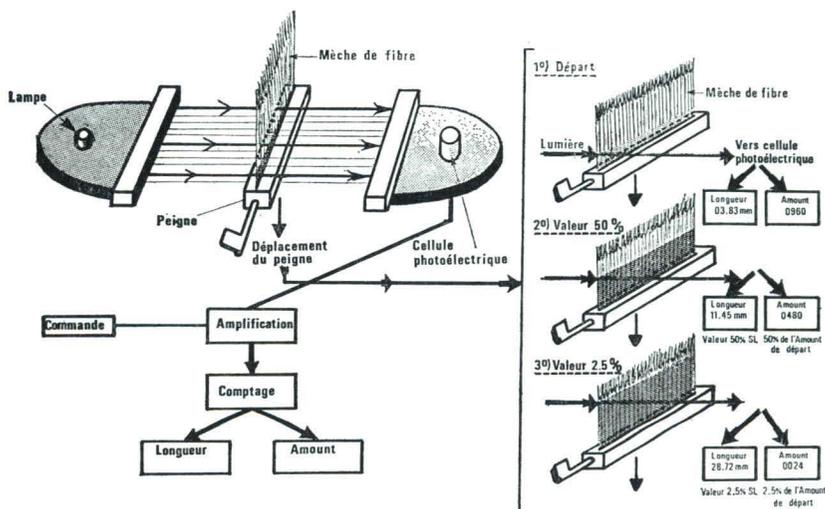


Fig. 59. — Principe de fonctionnement d'un fibrographe.

L'analyse sur le fibrographe.

Il est conseillé d'effectuer trois ou quatre déterminations par échantillon. Trois mesures suffisent dans le cas de fibre provenant de balles commerciales ayant été égrenées industriellement en raison du brassage considérable du coton-graine et de la fibre. L'égrenage à scies fournit généralement des échantillons d'une homogénéité satisfaisante, mais par contre lorsqu'il s'agit d'égrener au rouleau un minimum de quatre analyses est indispensable.

Au cours de l'analyse l'influence de l'opérateur peut se manifester par le brossage des peignes destiné à éliminer toutes les fibres libres. Il est recommandé que les analyses soient faites par un même opérateur utilisant toujours la même façon de brosser la fibre. Si plusieurs opérateurs sont appelés à travailler successivement sur le fibrographe, il faut qu'ils mettent au point, par des essais comparatifs, une méthode individuelle de brossage qui permette d'obtenir des résultats identiques entre eux.

RÉSISTANCE, TÉNACITÉ ET ALLONGEMENT.

La résistance du fil de coton dépend beaucoup, mais non totalement, de la résistance de la fibre et de son élasticité exprimée en allongement à la rupture. Les premiers appareils servant à mesurer ces caractéristiques avaient le défaut d'analyser les fibres individuellement et de demander beaucoup de temps. Ils ont tous été abandonnés dès l'apparition de nouveaux appareils mesurant rapidement un faisceau de fibres. Le résultat est d'ailleurs plus en accord avec celui obtenu avec le fil, celui-ci étant lui-même constitué d'un faisceau de fibres.

A l'heure actuelle les essais se font sur faisceau plat de fibres au moyen de deux dynamomètres :

- le dynamomètre Pressley ;
- le stéломètre de Hertel.

Avant d'étudier les divers instruments et les méthodes employées pour déterminer la ténacité, il est nécessaire de donner la définition de quelques unités utilisées particulièrement dans ce domaine par l'industrie textile. Ces unités sont normalisées à l'échelle nationale et internationale.

La masse linéique.

La masse linéique est la masse par unité de longueur. Pour une fibre ou pour un fil elle peut être représentée de deux manières :

- soit par un **titre**, c'est-à-dire la masse d'une longueur donnée de la matière (P/L),
- soit par un **numéro**, c'est-à-dire la longueur correspondant à un poids donné (L/P).

En **titrage ou numérotage direct** on utilise le système international :

- le **tex** est la masse en grammes de 1 000 m de matière textile. Il est principalement utilisé pour les fils ;

— le **décitex** est la masse linéique en décigrammes de 1 000 m. Il est assez proche du titre en deniers (masse en grammes de 9 000 m) utilisé en soierie ;

— le **millitex** est la masse en milligrammes de 1 000 m. Il sert à définir les fibres, celles du coton en particulier.

Le **numérotage indirect** est utilisé à l'échelle nationale pour exprimer la grosseur des filés. L'unité employée est le **numéro métrique** (Nm) : il représente le nombre de kilomètres du textile équilibrant le kilogramme.

La relation entre le numéro métrique et le tex est la suivante :

$$\text{Nm} = \frac{1000}{\text{tex}} \quad \text{et} \quad \text{tex} = \frac{1000}{\text{Nm}}$$

Dans les pays anglo-saxons, n'utilisant pas le système métrique, on emploie le **numéro anglais** (Na), qui représente le nombre de 1/2 mile de textile équilibrant une livre anglaise ou le nombre d'échevettes de 840 yards contenues dans une livre, les deux chiffres se confondant.

La conversion du Nm en Na et vice-versa s'obtient par :

$$\text{Nm} = \text{Na} \times 1,6933 \quad \text{et} \quad \text{Na} = \text{Nm} \times 0,5905$$

La ténacité.

La ténacité des fibres ou des filés s'exprime en grammes au tex (g/tex). Elle est égale à la charge de rupture en grammes divisée par la masse linéique en tex.

$$\text{Ténacité} = \frac{\text{charge de rupture en g}}{\text{masse linéique en tex}}$$

Lorsque la grosseur des filés est donnée en Nm, la ténacité s'exprime en **longueur de rupture** ou **résistance kilométrique** (RKM). Elle est égale au produit de la charge de rupture en kg multipliée par le Nm, soit :

longueur de rupture RKM = charge de rupture en kg \times Nm

$$\text{soit} = \frac{\text{charge de rupture en g} \times \text{Nm}}{1000}$$

$$\text{c'est-à-dire} = \frac{\text{charge de rupture en g}}{\text{tex}}$$

On voit donc l'identité entre les valeurs de la ténacité exprimée en g/tex et la longueur de rupture en RKM.

L'allongement à la rupture.

Il s'exprime en pourcents et évolue entre 5 et 12 % pour le coton brut. Il n'est donné que par le stélomètre de Hertel (voir plus loin).

Dynamomètre Pressley (*Pressley Strength Tester*) (photo 78).

Quelques touffes de fibre sont prélevées dans la masse de l'échantillon qui a été au préalable soigneusement homogénéisé et conditionné. Les fibres sont peignées et parallélisées pour former

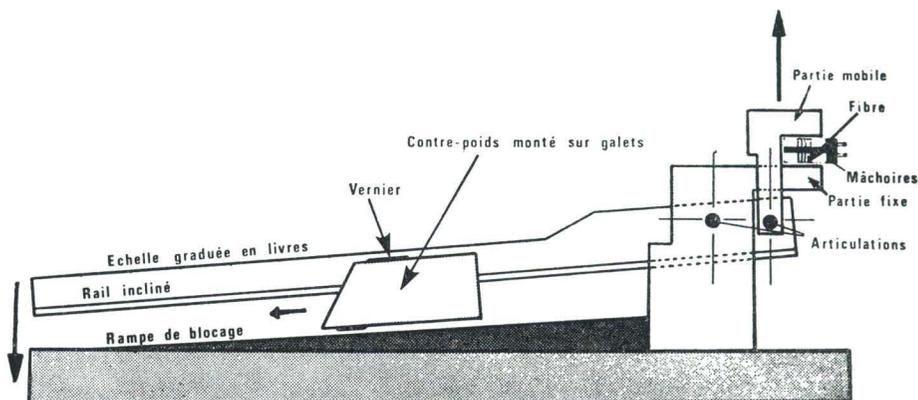


FIG. 60. — Schéma d'un dynamomètre Pressley pour la mesure de la résistance à la traction d'un faisceau de fibres.

un ruban plat de 5 à 6 mm que l'on place entre une paire de mâchoires d'une épaisseur de 11,8 mm. Celles-ci, une fois refermées et serrées avec une pression exactement dosée, pincent l'éprouvette de fibre entre une plaque en cuir et une platine métallique. Les fibres qui dépassent de part et d'autre sont coupées au ras des mâchoires de sorte que celles-ci enserrant un faisceau de fibres ayant toutes la même longueur.

Le dynamomètre (fig. 60) lui-même se compose d'un fléau équilibré qui joue le rôle d'un plan incliné. La paire de mâchoires est introduite dans l'appareil de telle façon que l'une d'elles soit fixée dans la rainure de la base du dynamomètre, l'autre tenue par des rainures solidaires de la partie la plus courte du fléau. La partie la plus longue qui constitue le plan incliné forme un angle de 1,5° avec l'horizontale. Un poids roulant librement sur ce plan est

libéré au moment de l'essai ; il descend jusqu'au moment où l'échantillon, tenu entre les deux mâchoires à l'autre extrémité du fléau, se rompt. Le poids est immédiatement et automatiquement stoppé et la force de rupture est lue sur l'échelle graduée du fléau ; elle est indiquée en livres et dixièmes de livre. Les deux fragments de l'éprouvette rompue sont retirés des mâchoires et pesés sur une balance de précision d'une portée de quelques milligrammes.

Conformément aux normes américaines les résultats sont basés sur une moyenne faite à partir de six casses par échantillon. Lorsque le nombre d'analyses à effectuer est important ce nombre peut sans grand inconvénient être ramené à quatre.

L'appareil Pressley est prévu pour effectuer les essais de rupture soit à pinces jointives (majorité des cas), soit à pinces écartées de 1/8^e de pouce ; les résultats sont indiqués en laboratoire par respectivement les sigles T0 et T1.

On peut noter que le chariot descend le long d'un plan incliné à une vitesse uniformément accélérée. Le parcours du chariot dure moins d'une seconde. Si cet appareil est rapide, et pratique, sa conception mécanique est défectueuse car selon que la casse se produit en début ou en fin de parcours l'énergie cinétique du poids n'est pas la même et peut varier du simple au double.

Résultats obtenus. On fait la moyenne des quatre ou six casses de l'échantillon et cette valeur est corrigée par les résultats obtenus à la suite d'essais sur des cotons standard vendus par l'USDA. On détermine ainsi un facteur de correction (FC) en vue d'éliminer le facteur humain et les variations de comportement des fibres d'une paire de mâchoires à l'autre.

$$FC = \frac{\text{Valeur exacte du standard}}{\text{valeur de l'essai sur standard}}$$

Les cotons standards doivent être testés chaque jour en début et fin de période de travail continu.

La ténacité est exprimée de la manière suivante :

$$a) \text{ Pressley Index (indice Pressley) IP} = \frac{\text{charge de rupture en livres}}{\text{masse en mg}}$$

b) Le négoce et l'industrie utilisent une valeur purement conventionnelle, la *contrainte* ou résistance à la traction. Elle est exprimée en mille livres par pouce carré (1000 PSI). Contrainte = IP × 10,8.

c) La ténacité s'exprime en gramme par tex (g/tex) et la formule permettant de passer de l'indice Pressley à la ténacité est :

$$g/tex = IP \times 5,36$$

d) Appréciation des cotons.

PRESSLEY INDEX P.I.	TÉNACITÉ g/tex	CONTRAINTÉ 1 000 PSI	APPRÉCIATION du coton
8,8 et plus	47 et plus	95 et plus	très résistant
8,0 à 8,8	43 à 47	86 à 95	résistant
7,1 à 7,9	38 à 42	76 à 85	moyen
6,1 à 7,0	33 à 37	66 à 75	faible
6,0 et moins	32 et moins	65 et moins	très faible

Stélomètre de Hertel (*Stelometer Spinlab*) (photo 79).

Ce dynamomètre a été mis au point en 1953 et sa diffusion date de 1960. Il permet de mesurer simultanément la ténacité et l'allongement à la rupture du coton.

Il s'agit d'un dynamomètre pendulaire (fig. 61). Un pendule de charge est articulé en un point d'appui sur un levier en forme de console. Celui-ci est équilibré de telle sorte qu'il soit horizontal dans sa position de repos. La suspension du pendule lui permet de tourner autour de son centre de gravité ; ceci élimine certains effets d'inertie dans l'application de l'effort de rupture exercé sur l'échantillon. Lorsque le levier est libéré son mouvement est contrôlé par un amortisseur à huile de façon à obtenir un taux de charge constant.

Le faisceau de fibres est placé dans une paire de mâchoires Pressley qui est insérée dans les rainures du levier et du pendule. Quand le levier est libéré de sa position il tourne autour de son axe provoquant la rotation du pendule. Ce mouvement uniforme de rotation a pour effet d'augmenter progressivement l'effort de traction exercé entre les mâchoires. La force est indiquée par l'intermédiaire d'une goupille qui pousse une aiguille indicatrice. Au moment de la rupture le pendule s'échappe du contact de la goupille et la charge de rupture peut être lue directement par la position de l'aiguille sur une échelle graduée de 2 à 7 kg. Une seconde aiguille indique en pourcent l'accroissement sous charge de la distance séparant les mâchoires, donc l'allongement %.

Le gradient de charge constant est réglé à l'aide de l'amortisseur de façon à obtenir sur l'échelle un déplacement de l'aiguille de la graduation 2 à la graduation 7 kg en 5 secondes, soit un taux de charge de 1 kg par seconde.

Pour utiliser cet appareil on se sert d'un étau spécial conçu pour maintenir les mâchoires de type Pressley et permettre la préparation de l'échantillon sans contact manuel. Le coton est

brossé sur des peignes de fibrographe pour mélanger et paralléliser les fibres ; au moyen d'une pince on en prélève une petite quantité que l'on peigne à nouveau plusieurs fois pour éliminer toutes celles qui ne sont pas maintenues dans la pince. L'éprouvette ainsi constituée est placée en travers des mâchoires, un ressort taré à

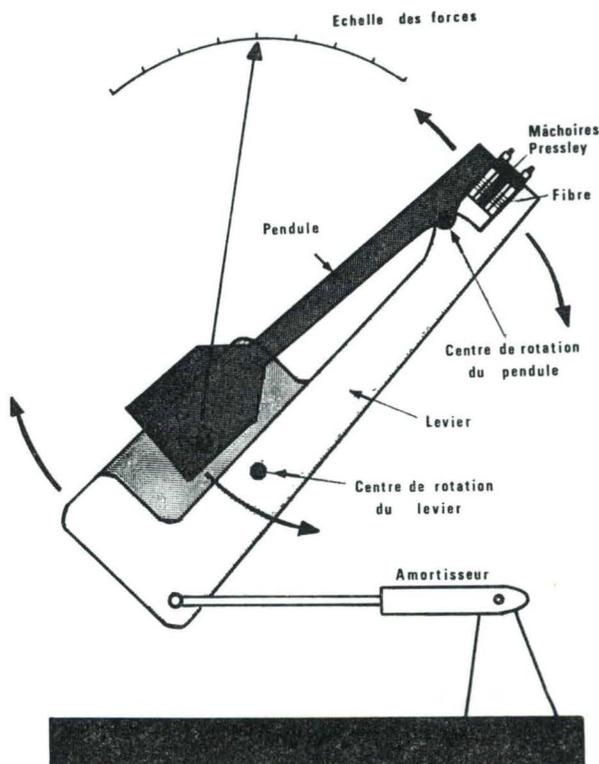


FIG. 61. — Représentation schématique d'un stéломètre de Hertel pour la détermination de la ténacité d'un faisceau de fibres et de son allongement à la rupture.

100 grammes assure une pré-tension uniforme de l'échantillon avant fermeture et blocage des mâchoires. Le serrage est limité au moyen d'un ressort.

Les extrémités des fibres sont coupées au ras des mâchoires avec un couteau spécial et l'ensemble mâchoires et fibres est placé dans l'appareil. Le levier est libéré au moyen d'une sorte de gâchette. Après rupture les résultats sont lus sur les échelles force et allongement. Les casses de force inférieure à 3 kg sont éliminées (échantillon trop léger).

Les deux moitiés de l'échantillon rompu sont retirées et pesées sur une balance de torsion donnant le 1/10 de milligramme.

Selon les normes américaines il faut effectuer au moins six casses par échantillon ; beaucoup de laboratoires n'en font cependant que quatre.

Les mâchoires à écartement de 1/8 inch (les plus courantes) ont une largeur totale de 15 mm. La ténacité étant le rapport de la force de rupture par le poids de l'échantillon le tout multiplié par la longueur de celui-ci s'exprimera très simplement ainsi :

$$\text{ténacité g/tex} = \frac{\text{charge en kg}}{\text{masse en mg}} \times 15$$

Pour une fibre du type upland (*G. hirsutum*) on l'appréciera de la façon suivante pour les caractères stéломétriques :

Ténacité g/tex	Valeur	Allongement %	Valeur
Sup. à 25	excellent	sup. à 10	très bon
21,5 à 25	très résistant	9-10	bon
20,5 à 21,5	résistant	8-9	assez bon
18,5 à 20	moyen	7-8	moyen
inf. à 18,5	faible	inf. à 7	faible

Un allongement élevé de la fibre, et par suite des filés, donne à ce dernier une énergie de rupture supérieure qui lui permet de mieux résister sans casser au travail saccadé des métiers à tisser. L'allongement est un caractère qui a également son importance dans les mélanges de fibres en filature tout autant que la longueur et la finesse. Les résultats mentionnés pour un écartement de 1/8 de pouce sont indiqués par E1 et ceux à pinces jointives E0.

Le stéломètre de Hertel a le grand avantage de donner de meilleures corrélations entre la résistance de la fibre et celle des filés que le dynamomètre Pressley à pinces jointives, c'est pourquoi cet appareil est surtout répandu dans les laboratoires de recherches. Par ailleurs les indications sur l'allongement sont de très grande importance.

La ténacité stéломétrique mesurée à pinces écartées est très approximativement la moitié de la ténacité Pressley mesurée à pinces jointives.

Dans la comparaison de deux cotons dont les ténacités ont été mesurées comparativement au stéломètre et au dynamomètre Pressley le meilleur coton, toutes autres caractéristiques étant égales, sera celui dont la double ténacité stéломétrique sera supérieure à la ténacité Pressley exprimée en g/tex.

FINESSE ET MATURITÉ.

La **finesse** de la fibre est une caractéristique variétale qui peut être estimée par son périmètre, son diamètre, la surface d'une section.

La **maturité** , facteur important qui affecte l'apparence des filés et des tissus, est caractérisée par l'épaississement cellulosique de la paroi secondaire de la fibre. Elle dépend des conditions de culture, et de la variété.

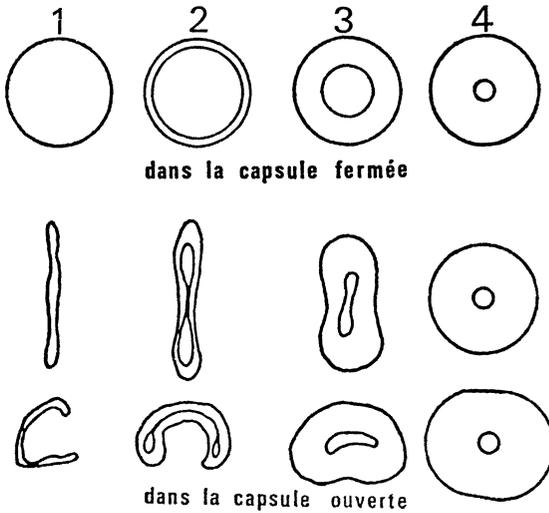


FIG. 62. — Coupe transversale de fibres avant et à la déhiscence de la capsule : 1, fibre morte ; 2, fibre à paroi mince ; 3, fibre normale ; 4, coton très mûr.

Si on observe la section des fibres après déhiscence de la capsule (fig. 62), on se rend compte de la diversité de formes que présentent les divers groupes de fibres : fibres trop mûres, fibres normales, fibres immatures, fibres mortes. La mesure exacte et directe de la finesse s'avère difficile si on ne mesure que la largeur du ruban par exemple, car la maturité des fibres intervient. Le périmètre des fibres pour un coton donné restant relativement constant, on voit qu'après dessèchement les fibres les plus rubanées, donc les moins mûres, offrent une plus grande largeur de ruban que les fibres très mûres restant plus cylindriques. De même, déterminer la maturité par l'épaisseur de la paroi secondaire n'est pas une mesure pratique, car l'épaisseur tend à augmenter avec le périmètre de la fibre.

Il a donc fallu trouver des méthodes très particulières et des artifices pour déterminer ces caractéristiques en laboratoire. Des instruments de conception assez récente appelés « air-flow » ont permis de surmonter les inconvénients des méthodes anciennes, longues et délicates. Ces analyses sont faites d'une manière routinière à l'heure actuelle.

Avant d'étudier ces appareils « air-flow » voyons comment peuvent être déterminés ces caractères de finesse et maturité.

Détermination de la finesse

Dans les laboratoires de recherches on détermine la finesse par la *méthode gravimétrique* : on détermine simplement la masse linéique, c'est-à-dire la masse par unité de longueur ; l'unité utilisée est le millitex.

Pour le coton on a choisi la masse linéique du centimètre médian de la fibre. Au moyen d'un calibre de 10 mm on découpe des fibres que l'on compte et que l'on pèse sur une balance de torsion. Si, par exemple, 100 cm de fibre pèsent 0,22 mg, 1 000 m pèseront 220 mg, d'où une masse linéique de 220 millitex.

Aux U.S.A. la masse linéique est exprimée en poids de fibre par inch, l'unité étant le microgramme par inch.

La détermination de la finesse par la méthode gravimétrique est longue et délicate et inutilisable pour l'analyse d'un grand nombre d'échantillons.

Détermination de la maturité

Lorsque les fibres sont placées dans une solution de soude caustique à 25° Baumé il se produit un gonflement de la paroi secondaire ; la section tend à devenir circulaire et le lumen à disparaître. C'est le phénomène dit du mercerisage (du nom de son inventeur Mercer). Le comportement des fibres dans la soude est différent selon leur maturité ; les fibres mûres prennent l'aspect de tiges cylindriques, les fibres immatures de rubans torsadés en l'absence de paroi secondaire gonflante.

On procède à des comptages, les fibres étant classées en divers groupes. Plusieurs méthodes sont utilisées :

— en Angleterre :

on examine au microscope une centaine de fibres gonflées à la soude, montées sur une lame. Elles sont classées en trois groupes :

- *fibres normales* : celles qui ont un lumen visuellement continu (rod like) ;

● *fibres mortes* : celles dont l'épaisseur de paroi est inférieure au $1/5$ de la largeur du ruban ;

● *fibres à parois minces* : celles qui n'entrent pas dans ces deux catégories.

Chaque analyse se fait sur cinq lames au moins. On calcule pour chaque lame les pourcentages de fibres normales et de fibres mortes. On établit ensuite :

● le « maturity count » = le pourcent de fibres normales (N) et le pourcent de fibres mortes (D) ;

● le « maturity ratio » = $\frac{N - D}{200} + 0,700$, qui combine les pourcentages en y intégrant le degré d'épaississement de la paroi secondaire.

<i>Maturity ratio</i>	<i>Appréciation</i>
0,6 à 0,7	médiocre
0,7 à 0,8	passable
0,8 à 0,9	moyenne
0,9 et plus	bonne à très bonne.

— **aux Etats-Unis d'Amérique**, les fibres après gonflement sont observées au grossissement 400.

Si l'épaisseur de la paroi est supérieure à la moitié du diamètre du lumen, la fibre est considérée comme mûre. On traduit le comptage de cette catégorie en pourcent du nombre total de fibres. On obtient un pourcentage de fibres mûres.

— **en France.**

Le comptage est fait sur 500 fibres sectionnées en fragments de 0,4 mm de longueur avec six répétitions par échantillon. Les fibres sont classées en quatre groupes suivant l'importance de l'épaississement cellulosique.

Un rapport moyen est calculé pour chaque groupe lequel est multiplié par le nombre de fibres dans le groupe. La somme des quatre produits est divisée par le nombre total de fibres. Le chiffre obtenu est le *Rapport de Maturité* (RM). Le pourcentage de fibres mûres (% FM) est la somme des pourcentages des groupes 1 et 2 (semblable à la maturité exprimée aux U.S.A.) :

$$\text{RM} = \text{Rapport de maturité} = \frac{\text{Épaisseur de la paroi}}{\text{largeur de la fibre}}$$

- Groupe 1 fibres très mûres (rod like) (RM = 0,5).
 Groupe 2 fibres mûres (RM = 0,5 à 0,25).
 Groupe 3 fibres à parois minces (RM = 0,25 à 0,125).
 Groupe 4 fibres mortes (RM en dessous de 0,125).

La valeur RM = 0,5 est rarement atteinte (absence totale de lumen). Une maturité de 0,400 est bonne. Au-dessous de 0,300 les cotons sont boutonneux (neppeux) et d'utilisation très difficile.

On peut pratiquement apprécier la maturité du coton ainsi :

Appréciation	Rapport de maturité	% de fibres mûres
Très bonne	supérieur à 0,400	supérieur à 76
Bonne	0,376 à 0,400	70 à 76
Moyenne	0,352 à 0,375	64 à 69
Médiocre	0,310 à 0,351	55 à 63
Immature	inférieur à 0,310	inférieur à 55

Les appareils « air flow ».

Le principe de base de ces appareils repose sur la loi de l'écoulement des fluides de POISEUILLE que KOZENY a appliqué au cas particulier de l'écoulement des gaz dans des tampons poreux auxquels peut être assimilée une masse de fibres. Il a établi que le carré de la surface spécifique du matériau est proportionnel à la différence de pression d'air entre l'entrée et la sortie du tampon fibreux et inversement proportionnel au débit d'air.

La figure 63 montre la section de deux cylindres de même diamètre traversés par des tiges d'inégales grosseurs. Les douze grosses tiges ont la même surface de section droite que les quarante-huit petites tiges. L'espace inoccupé par les tiges est le même dans les deux cylindres et on constate que l'air ne passe pas aussi facilement dans le cylindre rempli de petites tiges que dans celui rempli de grosses tiges. Les petites tiges freinent davantage le passage de l'air, car leur surface latérale est supérieure à celle des grosses tiges. En d'autres termes, la surface spécifique des petites tiges est supérieure à celle des grosses tiges.

Se basant sur ce principe de nombreux appareils ont été mis au point :

- le Micronaire (Sheffield),
- le WIRA Cotton Model,
- le Fibronaire (micronaire automatisé),
- le Portar,
- le Speedar,
- l'Aréalomètre (HERTEL),

- le Maturimètre ITF-CRITER,
- le Maturimètre IIC-SHIRLEY.

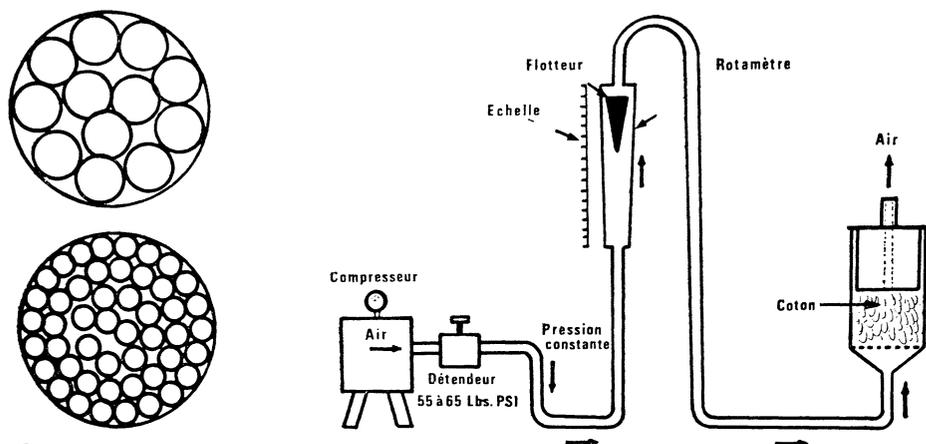
De nombreuses études sont continuellement en cours sur ces appareils pour en améliorer l'efficacité (rapidité de mesure), la précision et la facilité de déterminer finesse et maturité.

Les Fibronaires et Micronaires sont les plus employés dans l'industrie textile et les laboratoires spécialisés français.

Micronaire (fig. 63).

L'échantillon de fibre sur lequel on travaille est de 3,24 g. Il est introduit dans une chambre cylindrique de 25 mm de diamètre à base perforée. On ferme cette chambre au moyen d'un cylindre de compression, lui-même perforé. Le volume est donc constant et situé entre deux bases perforées. Un détendeur libère un flux d'air de pression constante (4,2 kg par cm^2) qui passe à travers le tampon de fibre et un débitmètre. Celui-ci est constitué par un tube légèrement conique à flotteur très léger. Quand le débit de l'air est faible le flotteur reste dans la partie basse du tube et inversement il se dirige au sommet quand il est élevé, l'équilibre se produisant par l'augmentation des possibilités de passage d'air entre le tube conique et le flotteur.

Une échelle est accolée au rotamètre gradué en *Indice Micronaire* qui est une composante de la finesse gravimétrique et de la



Écoulement de l'air à travers des agrégats de même surface de section droite mais de surface latérale différente

FIG. 63. — Schéma simplifié du micronaire pour la détermination du complexe finesse-maturité.

maturité des fibres. Cette échelle arbitraire est étalonnée après des essais sur une série de coton de référence et n'indique pas un débit d'air.

Cet indice est d'un grand intérêt pour un coton déterminé. Ainsi un coton Upland (*G. hirsutum*) donnant, bien mûr, un indice de 4,5 est encore acceptable à 3,8, mais à 3,2-3,5 il devient immature et d'emploi spécial. Au-dessous de 3 il est à écarter. Un coton fin *G. barbadense* à longue soie, mûr à 3,8, devient peu intéressant à 3,2-3,0. Les cotons asiatiques destinés à la ouaterie (*G. arboreum et herbaceum*) doivent donner des micronaires de 6 à 7.

L'appareil Micronaire (photo 80) est très simple à utiliser et donne des résultats instantanés. On l'utilise couramment dans les marchés dont beaucoup fixent en indice micronaire les limites de réception du coton. En filature et tissage il a son utilité pour préparer des mélanges de divers cotons, l'expérience ayant prouvé que des variations de maturité pouvaient provoquer des accidents de teinture particulièrement visibles au tissage de toiles unies (moirage).

On l'apprécie ainsi pour les cotons Upland :

moins de 3,5	micronaire très faible
3,5 à 3,9	faible
4, à 4,4	moyen
4,5 à 5,	élevé
au-dessus de 5	très élevé

Le micronaire est utilisé aux U.S.A. pour la détermination de la **maturité**. Elle repose sur le rapport de deux mesures prises sur le même échantillon. La première donne l'indice micronaire M ; la seconde T est réalisée après mercerisage à la soude caustique de l'échantillon. Le rapport $\frac{M}{T} \times 100$ est l'**indice de maturité causticitaire** qui est en corrélation avec le pourcentage de fibres mûres (normes ASTM).

Maturimètre de ITF-CRITER (photo 81).

Cet appareil a été conçu par le Centre de Recherches des Industries Textiles à Rouen (France). Si le principe de base est sensiblement voisin de celui du Micronaire, il en diffère par le fait qu'il permet d'effectuer des mesures à deux taux de compression et que le débit d'air entrant dans la chambre de compression est constant du fait qu'il est appelé par une pompe à vide et non poussé par un compresseur. Un robinet placé entre la pompe et l'instrument permet de fixer ce débit à une valeur constante lisible sur un rotamètre situé avant la chambre (fig. 64).

Son principe a été établi à partir d'expériences menées sur des appareils à flux d'air par HERTEL et CRAVEN. Ils avaient en effet constaté que des taux de compression différents appliqués sur un échantillon de fibre avaient pour effet de modifier les résultats des mesures. Une forte compression a pour conséquence d'opposer une plus grande résistance au passage de l'air et de faire paraître la fibre plus fine que lorsqu'on utilise une faible compression. Ils ont

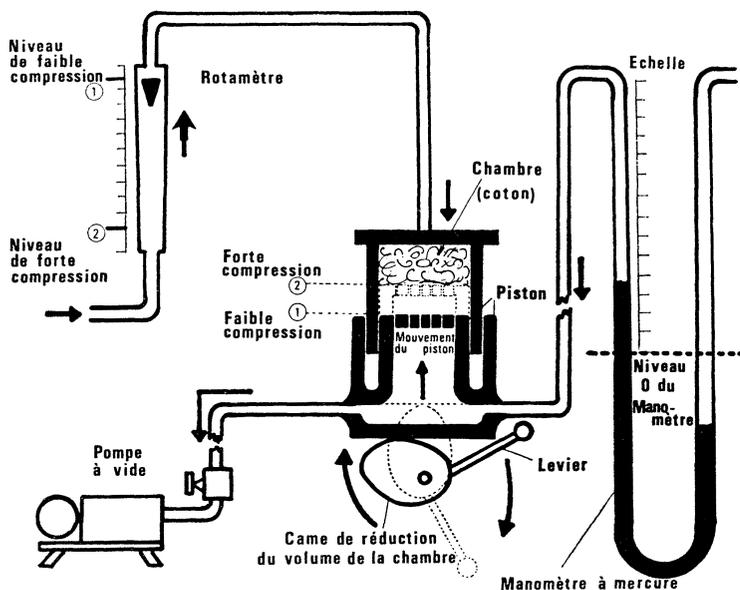


FIG. 64. — Schéma du maturimètre ITF pour la détermination de la maturité moyenne d'un échantillon de fibre.

remarqué d'autre part que la différence des résultats entre forte et faible compression était liée au degré de maturité de la fibre.

L'explication de HERTEL est que l'augmentation apparente de cette finesse, donc de la surface spécifique à forte compression est due à un aplatissement des fibres et à un changement dans leur orientation ; les fibres immatures ont tendance à se tourner de telle façon que leur axe principal soit perpendiculaire au flux d'air à travers le tampon, bloquant davantage le passage de l'air. Ceci a pour résultat d'entraîner une surestimation de la surface spécifique.

On opère avec une masse constante de fibres de 5 g qui doit être bien ouverte (les fibres ne devant pas être orientées à l'aide d'une carte à main ou d'un blender).

On exerce deux taux de compression sur le tampon fibreux :

— à faible compression l'appareil est calibré pour obtenir une valeur équivalente à l'indice micronaire ;

— à forte compression, obtenue par l'écrasement du tampon à un volume plus faible, on fait une nouvelle lecture de dépression sur le manomètre.

La différence entre les deux lectures de dépression H1 et H2 (qui correspond à une différence entre deux surfaces spécifiques S1 à faible compression et S2 à forte compression) a été mise en corrélation avec :

— le rapport de maturité (RM) ;

— le pourcentage de fibres mûres (% FM).

Connaissant l'indice micronaire et le rapport de maturité, on peut évaluer la part due à la maturité de cet indice micronaire. On sait qu'un coton est fin intrinsèquement s'il unit un bas micronaire et un rapport de maturité élevé.

La notion de **finesse standard** est due à LORD. Elle correspond à la masse linéique de la fibre dans des conditions idéales de maturité. En d'autres termes à la masse linéique qu'aurait un coton si les conditions de son développement avaient été telles qu'il atteigne une maturité correspondant au niveau standard de valeur 1 en « Maturity Ratio ». Connaissant la masse linéique réelle (H.) et « Maturity Ratio » (MR) la finesse standard s'exprime par la relation H/MR . Les cotons du type Upland ont une finesse standard d'environ 200 mtex, ceux des longues soies *G. barbadense* de 150 mtex. A partir de l'indice micronaire et du rapport de maturité d'un échantillon on peut obtenir sa finesse standard par des tables appropriées.

Maturimètre IIC-Shirley (photo 82).

Le maturimètre construit par la firme anglaise Shirley Development Ltd. est actuellement le seul appareil disponible sur le marché mondial. Il est de conception similaire au maturimètre français et permet de mesurer la finesse et la maturité du coton indépendamment de la variété.

On mesure la perméabilité à l'air d'un tampon de 4 g de fibre placé dans une chambre à fond mobile. Une première mesure se fait à faible compression alors que l'air est aspiré par une pompe à vide à un débit de 4 litres par minute et une seconde lecture à forte compression avec une dépression de 1 litre par minute.

Les deux lectures permettent de mesurer directement la valeur estimée de la maturité exprimée en « maturity ratio », la densité linéaire et l'indice micronaire. Ce dernier, qui exprime le complexe finesse-maturité, est obtenu directement à la première lecture.

LA COULEUR.

La couleur est un facteur entrant dans la détermination commerciale du grade.

Le colorimètre de *Nickerson-Hunter* répondait au besoin d'une mesure précise de la couleur de la fibre (photo 83).

D'une façon générale tout classement tient compte de plusieurs facteurs susceptibles d'être perçus par l'œil humain :

— la lumière réfléchie qui représente le lustre de l'objet et qui se classe entre le zéro % (noir absolu) et le 100 % (blanc absolu). C'est ce que l'on nomme la réflectance (R_d). Pour le coton l'échelle des valeurs évolue entre 40 et 85 % ; un coton de réflectance 70 % peut être considéré comme terne ;

— indice jaune ou bleu (b) et indice vert ou rouge (a) s'expliquent plus difficilement car ils dépendent largement de certaines bandes du spectre lumineux que réfléchit l'échantillon.

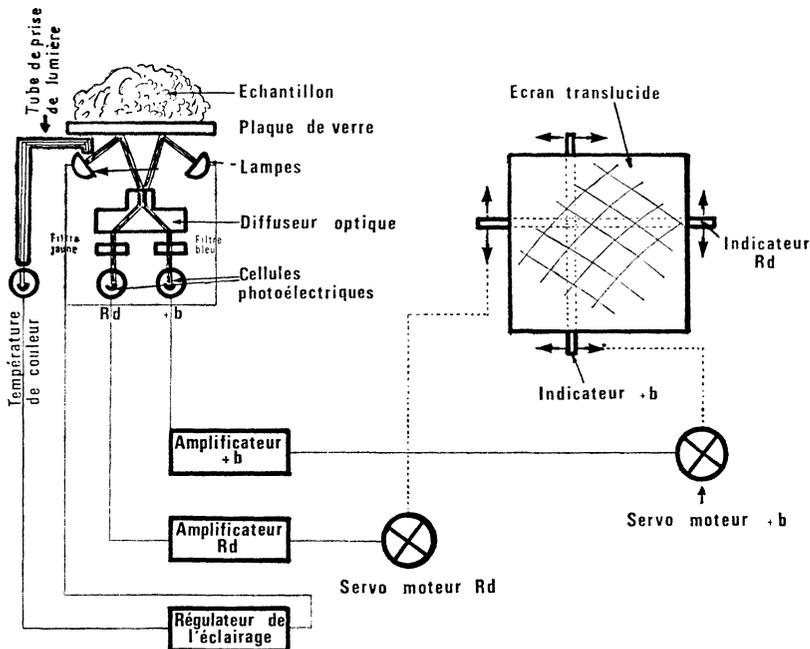


FIG. 65. — Schéma simplifié de colorimètre Nickerson-Hunter.

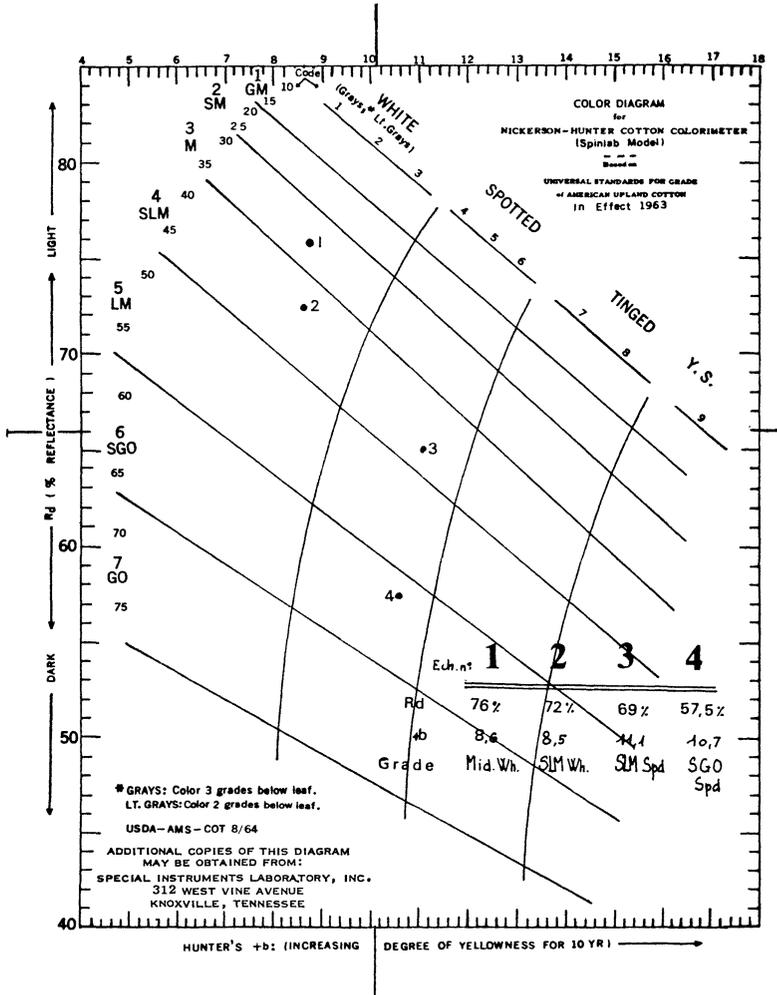


FIG. 66. — Analyse au colorimètre de quatre échantillons représentés sur feuille ad hoc.

Il est donc possible de décrire une couleur de coton à partir des valeurs chiffrées des caractères Rd, a et b. Toutefois, il est apparu que les valeurs (a) pour le coton pouvaient être tenues pour négligeables, la couleur n'étant définie que par les deux paramètres brillance (Rd) et direction du blanc vers le jaune (+b).

Pour l'utilisation du colorimètre (fig. 65) on place un échantillon sur une fenêtre transparente située à la partie supérieure de l'appareil. Il est éclairé par deux fortes lampes orientées à 45° et la lumière réfléchiée par l'échantillon passe à travers un diffuseur

et atteint deux cellules photoélectriques devant lesquelles sont interposés des filtres colorés.

Un filtre jaune placé devant une cellule lui donne le maximum de sensibilité dans la longueur d'onde de 455 millimicrons. Le courant produit par cette cellule est utilisé pour la détermination de la valeur R_d .

Une deuxième cellule, éclairée à travers un filtre bleu, possède une sensibilité pour la longueur d'onde de 550 millimicrons.

Les courants photoélectriques, après amplification, commandent des servomoteurs qui assurent le déplacement de deux barres qui indiquent les valeurs R_d et $+b$ de l'échantillon analysé.

La constance en température de couleur des lampes d'éclairage est donnée par une troisième cellule.

Il existe une liaison entre le grade de la fibre et les composants de sa couleur. On peut estimer que les cotons ayant une valeur élevée de R_d sont des cotons de grades supérieurs. La valeur $+b$ qui mesure le jaunissement doit être inférieure à 10 pour que la fibre soit considérée comme blanche.

L'expression de la couleur par les valeurs R_d et $+b$ peut être utilisée de diverses façons, la méthode la plus simple étant de les indiquer séparément pour un contrôle permanent de l'évolution de cette couleur.

TENEUR EN MATIÈRES ÉTRANGÈRES.

La fibre de coton n'est jamais parfaitement propre. Elle contient une certaine proportion de matières étrangères que nous avons signalée à propos du grade. La détermination de ce pourcentage de déchets se fait par nettoyage au moyen de l'analyseur Shirley (fig. 67).

L'échantillon à analyser est placé sur la table d'alimentation (1), il est entraîné par un cylindre cannelé (2) vers un briseur (3) dont la surface est garnie de dents de scies. Un déflecteur réglable, le «streamer» (6), régularise le courant d'air produit par la rotation du ventilateur (7).

Le coton ouvert par le briseur est projeté tangentiellement par la force centrifuge ; les grosses impuretés tombent dans le plateau (8), les fibres, plus légères, sont entraînées par le courant d'air vers un tambour perforé (4) qui tourne dans le sens indiqué par la flèche. La fibre se dépose sur le tambour en une couche légère, les poussières sont aspirées à travers les perforations du tambour. Un cache intérieur fixe (5) obstrue en partie les perforations du tambour ; lorsque la fibre arrive dans la zone fermée par le cache elle se détache du cylindre et tombe dans la boîte (9). Une vanne à diaphragme (10) permet de régler le courant d'air.

Cent grammes de coton sont passés plusieurs fois dans la machine afin de déterminer très exactement la quantité de fibre (F) et de déchets (D) recueillie afin d'en calculer les pourcentages ainsi que les pertes invisibles.

En matière de contrôle qualitatif ce moyen permet de fixer le niveau de la teneur en matières étrangères en fonction des grades et de prévoir, par conséquent, les pertes que subira le

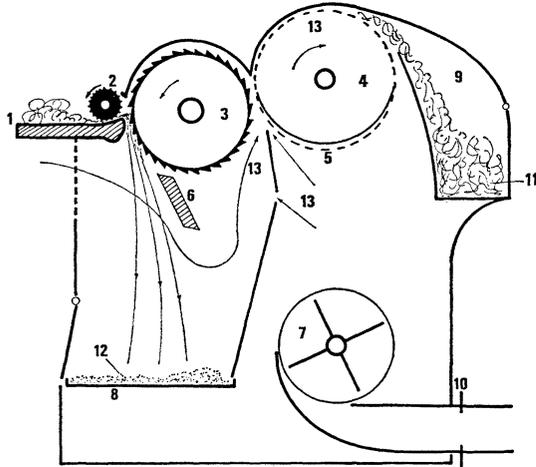


FIG. 67. — Analyseur Shirley pour déterminer la teneur en matières étrangères d'un échantillon de coton fibre : 1, table d'alimentation ; 2, cylindre alimenteur ; 3, briseur ; 4, tambour perforé ; 5, cache ; 6 défecteur ; 7, ventilateur ; 8, plateau ; 9, boîte ; 10, vanne ; 11, fibres nettoyées ; 12, impuretés ; 13, air.

coton au cours des opérations de battage et cardage en filature. On peut déterminer ces pertes par la formule de Roch :

$$\text{Pertes en } \% = (0,93 \times \text{matières étrangères } \%) + 4,90.$$

L'utilisation la plus intéressante de l'analyseur Shirley est la détermination de l'efficacité du nettoyage d'une machine ou d'un ensemble de machines que ce soit en usine d'égrenage (lint cleaner) ou en filature (battage-cardage).

LA TENEUR EN HUMIDITÉ.

La teneur en humidité d'une matière se détermine par séchage puis en exprimant la perte du poids de l'échantillon initial en pourcentage.

Au laboratoire le séchage s'effectue dans une étuve de conditionnement, ventilée à thermostat 105 °C durant 4 heures pour la

fibres de coton et 24 heures pour sa graine. Elle est équipée d'un dispositif qui permet les pesées à l'intérieur même de l'étuve afin d'éviter toute réabsorption d'humidité lors de la sortie à l'air libre des échantillons chauds et secs.

$$\text{Pourcentage d'humidité} = \frac{\text{Poids humide} - \text{Poids sec}}{\text{Poids humide}} \times 100$$

En ce qui concerne la fibre, dans l'industrie textile, il est d'usage d'exprimer ce pourcentage par rapport au poids sec et non au poids humide. On parle donc de *taux de reprise* (d'humidité) appelé « regain » en anglais.

$$\text{T.R.} = \frac{\text{Poids humide} - \text{Poids sec}}{\text{Poids sec}} \times 100$$

Ainsi un coton ayant un taux de reprise de 8 % signifie qu'il contient 8 kg d'eau et 100 kg de coton sec.

LA TENEUR EN CIRES.

Sous le terme de « cires », appliqué à la fibre de coton, on englobe l'ensemble de tous les produits que l'on peut extraire du coton brut au moyen de solvants organiques. Ces produits sont essentiellement localisés dans la paroi primaire. Ce sont eux qui rendent la fibre hydrophobe.

Chimiquement les cires sont constituées d'un mélange d'alcools, d'acides et d'acides gras ; les principaux étant l'alcool n-triacontanol, l'acide n-tétracosanoïque ainsi que de faibles quantités d'acide palmitique, stéarique et oléique. En plus, on y trouve tous les alcools primaires et les acides gras dont le nombre d'atomes de carbone va de 24 à 34. On peut citer également des résines et des hydrocarbures.

La teneur en cires peut varier de 0,4 à 1,0 et même 1,3 %. On considère la valeur de 0,6 % comme une teneur en cires moyenne.

Le coton est en général toujours filé à l'état brut et les cires, par leurs propriétés lubrifiantes, contribuent à en faciliter la filature. Par contre une teneur en cires trop élevée peut entraîner une diminution de la résistance des fils par glissement des fibres les unes sur les autres. Une trop forte teneur en cires peut être responsable également d'un manque d'affinité tinctoriale, l'opération de débouillissage n'éliminant pas toujours complètement les matières cireuses, d'où un faible pouvoir d'absorption de la fibre et une pénétration difficile des colorants. Pour toutes ces raisons il est intéressant de pouvoir déterminer la teneur en cires d'un coton.

Pour analyser le pourcentage de cires sur la fibre on utilise l'extracteur Soxhlet. Le coton est d'abord débarrassé de ses matières étrangères (analyseur Shirley), puis desséché durant 24 heures, pour constituer un échantillon de 80 gr. On répartit la fibre dans trois cartouches d'extraction contenant chacune 20 g de fibre. Les cartouches sont placées dans le corps du Soxhlet et traitées successivement pendant trois heures chacune. Le solvant utilisé est de l'acétate d'éthyle pur et sec. Lorsque l'opération d'extraction est terminée le solvant est récupéré par distillation puis les dernières traces éliminées par aspiration sous vide. Il reste alors dans le ballon un dépôt de matières cireuses qui est pesé puis exprimé en pourcentage du poids sec de fibre.

LA NEPPOSITÉ.

Les « neps » sont constitués de fibres entremêlées et nouées, formées lors des opérations de récoltes, d'égrenage et de filature.

L'aptitude des variétés à devenir « neppeuses » dépend de nombreux facteurs dans lesquels entrent la variété elle-même et

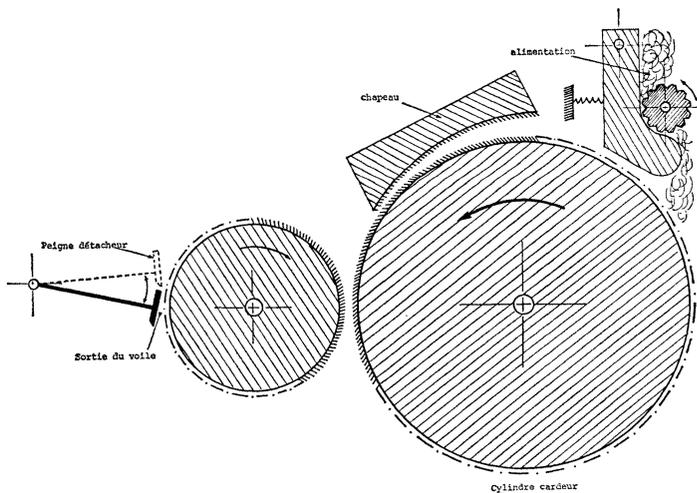


FIG. 68. — Le « nep-tester » constituant un voile de cardé pour le comptage des neps.

les conditions de culture ; on a observé que la tendance à la nepposité est favorisée par la proportion de fibres peu mûres, le seuil de 58 % de fibres mûres est un minimum en dessous duquel on ne devrait pas aller. Les effets de l'immaturation sur la proportion de neps sont plus prononcés avec les fibres longues et fines qu'avec les cotons courts et grossiers.

Un coton ayant une quantité élevée de « neps » donnera un fil grossier, également « neppeux » et peu résistant. D'autre part, la présence de « neps » a un effet déplorable sur l'apparence du tissu, particulièrement les tissus fins (popelines). Sur ceux devant être teints les « neps » apparaissent généralement comme de petites taches plus claires, leur affinité tinctoriale étant faible.

Le *Nep-tester* a été mis au point par USDA et consiste en un mécanisme d'alimentation (fig. 68) qui présente la fibre à un cylindre cardeur. Le cardage se fait entre ce cylindre et un chapeau ; il est complété par un peignage exécuté par un cylindre cardeur qui tourne en sens inverse. Le voile de carde est détaché par un peigne animé d'un mouvement alternatif et tangentiel au tambour peigneur.

Le voile de carde est examiné par transparence sur fond noir et les neps sont comptés et exprimés en nombre par unité de surface :

Classement de nepposité	Nombre de neps	
	100 pouces carrés	mètre carré
Faible	moins de 10	inf. à 240
Moyen	11 à 20	240 à 465
Élevé	21 à 30	466 à 705
Très élevé	au dessus de 30	sup. à 705

On peut également exprimer le nombre de neps par poids de fibre, mais cela nécessite une pesée supplémentaire. En filature et tissage le rapport neps/poids apporte une précision complémentaire car elle permet de fixer la probabilité de voir apparaître un « neps » par unité de longueur (fil) ou de surface (tissu) en fonction de la finesse de l'article considéré.

CHAPITRE XIII

LE COTON DANS LE MONDE

Au début du xx^e siècle, le commerce mondial des cotonnades était pour 90 % entre les mains des pays européens. Le Royaume-Uni intervenait, à lui seul, pour 70 %. L'approvisionnement en coton brut des pays consommateurs était, à cette époque, assuré essentiellement par les U.S.A., l'Inde et l'Égypte. La première guerre mondiale, provoqua une rupture des relations économiques entre fournisseurs et acheteurs de matières premières et d'articles cotonniers et incita plusieurs pays à implanter des industries textiles pour répondre à leurs besoins internes. En outre, des difficultés d'approvisionnement amenèrent certains autres à entreprendre la culture du cotonnier.

La dernière guerre mondiale, qui eut pour conséquence une nouvelle rupture de certaines relations économiques, puis ultérieurement l'indépendance acquise par de nombreux pays producteurs, eurent pour conséquence d'accélérer encore le mouvement. Actuellement l'économie cotonnière mondiale n'a plus guère de rapport avec la situation d'avant 1930. L'industrie de Manchester est devenue un élément mineur dans la consommation mondiale. L'Inde n'intervient pratiquement plus dans l'approvisionnement mondial en coton brut alors que l'U.R.S.S. en est devenu un élément très important.

PRODUCTION

SON ÉVOLUTION.

La production mondiale est en croissance continue, mais elle s'est particulièrement développée entre 1950 et 1959, période au cours de laquelle elle a augmenté d'un tiers, passant de 6 000 000

de tonnes à près de 9 000 000. Entre 1960 et 1969, la moyenne fut proche de 11 000 000 de tonnes, dépassant 13 000 000 entre 1970 et 1979.

La répartition géographique de cette production s'est profondément modifiée en 60 ans. La part des U.S.A. dans le total mondial, qui était de 55 % entre 1920 et 1929, est tombée à moins de 20 % entre 1970 et 1978.

Périodes	Production des U.S.A.	
	en 1 000 t de fibre	en % du mondial
1920-1929.....	2850	55,2
1930-1939.....	2875	44,0
1940-1949.....	2610	44,8
1950-1959.....	2938	32,8
1960-1969.....	2748	25,3
1970-1979.....	2547	19,2

Par contre la part de l'U.R.S.S. qui était inférieure à 10 % avant la guerre de 1939-1945 est voisine de 20 % depuis 4 ans. Le pourcentage de production de l'Amérique du Sud et de l'Afrique s'est peu modifié, restant pour chacune de ces zones inférieur à 10 %. La production de l'Asie est en augmentation. Alors qu'elle ne représentait que 25 % du total mondial vers les années 1950-1960, elle est maintenant proche de 40 %.

La production décadaire moyenne des U.S.A. est restée assez stable jusqu'en 1970. Durant la dernière décade, elle a nettement baissé, mais les possibilités de production aux U.S.A. restent importantes et sont utilisées quand la conjoncture économique est favorable.

SITUATION DEPUIS CINQ ANS.

En étudiant le tableau XIX ci-après, on constate que depuis 1975/76, seule la zone Amérique du Nord montre des fluctuations importantes, dues essentiellement à la variation de production des U.S.A. de 1 808 000 tonnes en 1975/76 à 3 185 000 tonnes en 1979/80.

Si dans les statistiques internationales 68 pays sont répertoriés comme producteurs, le tableau XX ci-après montre l'importance des quatre plus grands. Les U.S.A., U.R.S.S., Chine et Inde ont en effet une production représentant 65 % du total mondial. Le tonnage cumulé des 10 plus importants représente environ 85 % du tonnage mondial.

En annexe 4 nous avons mentionné les rendements en fibre à l'hectare des pays producteurs. Ceux ayant les rendements à

TABLEAU XIX

Production (1000 t) de fibre par zone géographique

	1975/76		1976/77		1977/78		1978/79		1979/80	
	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%
Asie et Océanie.....	4 960	42,2	4 653	37,3	4 953	35,6	4 974	38,1	5 256	36,9
Amérique du Nord.....	2 282	19,4	2 868	23,0	3 851	27,7	3 065	23,5	3 769	26,4
U.R.S.S.....	2 543	21,6	2 613	21,0	2 754	19,8	2 689	20,6	2 840	19,9
Afrique.....	975	8,3	1 097	8,8	1 079	7,8	1 103	8,5	1 167	8,2
Amérique du Sud.....	806	6,9	1 052	8,4	1 048	7,5	1 025	7,9	1 068	7,5
Europe.....	195	1,6	177	1,5	215	1,6	197	1,4	154	1,1
TOTAL.....	11 766		12 460		13 900		13 053		14 254	

Source I.C.A.C., juillet 1980.

TABLEAU XX

Production (1000 t) de fibre des dix plus grands producteurs mondiaux

Pays	1975/76		1976/77		1977/78		1978/79		1979/80 prél.	
	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%
U.S.A.....	1 808	15,4	2 303	18,5	3 133	22,5	2 364	18,1	3 185	22,3
U.R.S.S.....	2 543	21,6	2 613	21,0	2 754	19,8	2 689	20,6	2 840	19,9
Chine.....	2 320	19,7	2 168	17,4	2 049	14,7	2 168	16,6	2 212	15,5
Inde.....	1 160	9,9	1 073	8,6	1 232	8,9	1 349	10,3	1 333	9,4
Pakistan.....	514	4,4	418	3,4	551	4,0	453	3,5	726	5,1
Brésil.....	396	3,4	553	4,4	477	3,4	575	4,4	553	3,9
Égypte.....	382	3,2	396	3,2	399	2,9	438	3,4	484	3,4
Turquie.....	480	4,1	475	3,8	575	4,1	477	3,7	481	3,4
Mexique.....	197	1,7	227	1,8	353	2,5	340	2,6	334	2,3
Argentine.....	—	—	160	1,3	220	1,6	173	1,3	173	1,2
Syrie.....	158	1,3	—	—	—	—	—	—	—	—
TOTAL 10 pays.....	9 958	84,6	10 386	83,4	11 743	84,5	11 026	84,5	12 321	86,4
TOTAL mondial.....	11 766		12 460		13 900		13 053		14 254	

Source I.C.A.C., juillet 1980.

l'hectare les plus élevés ne sont pas, dans tous les cas, ceux où les sols sont les plus riches. Ce sont généralement les pays où les techniques culturales sont les plus modernes et les irrigations couramment utilisées. On peut noter aussi qu'un certain nombre de pays africains où la culture pluviale est de règle se situent maintenant en bonne place.

AFRIQUE ET MADAGASCAR.

Le volume de la production du continent africain est relativement modeste à l'échelle mondiale, se situant légèrement en dessous de 10 % depuis 7 ans. Il a doublé depuis 1950, passant de 600 tonnes à plus de 1 000 tonnes de fibres dans la dernière décade. Dans un lointain passé la production de l'Égypte et du Soudan représentait 80 % de celle de l'Afrique tout entière. Mais la culture cotonnière s'étant développée dans de nombreux pays, notamment en culture pluviale, ce pourcentage est tombé à près de 50 % depuis quelques années (Annexe 4).

L'Afrique du Nord a toujours été un petit producteur : le Maroc, spécialisé en longues soies, a atteint un maximum de 10 000 tonnes de fibre en 1965/66 mais actuellement sa production avoisine les 5 000 tonnes ; l'Algérie a enregistré son maximum en 1954/55 avec 3 000 tonnes de fibre, mais sa production actuelle est inférieure à 1 000 tonnes ; la Tunisie en est encore au stade expérimental.

L'Égypte et le Soudan, producteurs traditionnels de longues soies, sont loin actuellement de leurs maximums. En 1979/80 l'Égypte a enregistré une forte production de 484 000 tonnes de fibre ; son maximum fut de 541 000 tonnes en 1969/70. La concurrence des productions vivrières explique ce recul. Au Soudan c'est aux environs de 1970 que les tonnages les plus importants furent récoltés avec un maximum de 246 000 tonnes de fibre en 1969/70 ; depuis cette époque la superficie consacrée aux soies moyennes s'est beaucoup développée ; mais la production a singulièrement diminué : 119 000 tonnes de fibre en 1979/80.

L'Éthiopie, du fait de l'installation de périmètres irrigués, a vu sa production se développer rapidement dans un passé récent. Le Zimbabwe connaîtra une production record en 1979/80 avec 56 000 tonnes de fibre. L'Afrique du Sud s'est maintenue longtemps au niveau de 20 000 tonnes de fibre mais, depuis quelques années, elle développe sa production qui atteint 61 000 tonnes de fibre en 1979/80. Le Burundi maintient une petite production de 3 000 tonnes de fibre alors que le Zaïre, qui a produit 60 000 tonnes en 1959/60, est tombé aux environs de 10 000 tonnes. L'Angola a eu son maximum de production en 1974/75 avec 38 000 tonnes de

fibre et prévoit 13 000 tonnes en 1979/80. L'évolution a été du même ordre en Mozambique qui a produit 49 000 tonnes en 1972/73 et dont on estime à 15 000 tonnes la récolte 1979/80. Les autorités de ces deux pays établissent actuellement des programmes pour développer leur production.

La production globale de Madagascar, du Cameroun, du Togo, du Bénin, de Côte-d'Ivoire, de Haute-Volta, du Mali, du Niger, du Tchad et de la R.C.A., a augmenté considérablement dans un passé récent : 49 000 tonnes de fibre en 1961/62 et 245 000 tonnes en 1979/80 (cf. tableau XXI). Ainsi cette production, qui ne représentait que 6 % du tonnage produit par l'Afrique en 1961/62, intervient depuis quelques années au niveau de 20 %. Cette forte progression est due à l'intensification des méthodes de culture, au bon encadrement des agriculteurs et à l'utilisation de variétés à haut rendement. La production à l'hectare en coton fibre qui était voisine de 70 kilos est actuellement proche de 300 kilos. Dans 3 pays, Côte-d'Ivoire, Mali et Cameroun, le rendement dépasse 400 kilos à l'hectare (cf. Annexe 4).

TABLEAU XXI

Production cotonnière de pays francophones

En milliers de tonnes de fibre pour les pays suivants : Madagascar, Bénin, Cameroun, R.C.A., Tchad, Côte-d'Ivoire, Mali, Niger, Sénégal, Togo, Haute-Volta.

Années	Total	% du total africain	Années	Total	% du total africain	Années	Total	% du total africain
61/62.....	49	6,2	67/68	122	11,8	73/74	166	13,4
62/63.....	76	8,1	68/69	167	14,-	74/75	190	15,5
63/64.....	84	9,6	69/70	167	12,-	75/76	218	22,4
64/65.....	86	8,5	70/71	140	11,-	76/77	226	20,4
65/66.....	84	7,9	71/72	170	13,-	77/78	205	19,1
66/67.....	117	10,7	72/73	172	13,5	78/79	240	22,1
						79/80	246	21,1

En Afrique de l'Ouest le Nigeria, qui a connu son maximum de production en 1969/70 avec 92 000 tonnes de fibre, a vu sa production s'effondrer à 27 000 tonnes en raison de la guerre civile. Elle est remontée par la suite à 82 000 tonnes en 1976/77, mais depuis deux ans est redescendue à 37 000 tonnes.

En Afrique de l'Est la production de l'Ouganda avait atteint 85 000 tonnes de fibre en 1969/70. Elle s'est effondrée depuis ; on l'estime à 5 000 t en 1980. La Tanzanie a eu son maximum en 1966/67 avec 79 000 tonnes. Après une chute brutale en 1975/76, la production sera voisine de 60 000 t en 1980. Le Malawi maintient une petite production estimée à 10 000 tonnes de fibre en 1979/80, qui constituera son maximum. Le Kenya, qui a produit 5 000 tonnes de fibre pendant de longues années, progresse depuis 3 ans et devrait atteindre un maximum de 11 000 tonnes en 1979/80. La Zambie ne figure dans les statistiques que depuis une quinzaine d'années ; une production de 5 000 t est prévue en 1979/80.

La production des autres pays africains, comme le Ghana ou la Guinée Bissau, qui n'atteignent pas 1 000 tonnes de fibre, est indiquée globalement dans les statistiques internationales. Elle a été estimée à 1 000 tonnes de fibre en 1979/80.

CLASSIFICATION DE LA PRODUCTION SUIVANT LA LONGUEUR DES FIBRES (tableau XXII).

Les statistiques mondiales sur la production du coton suivant la longueur de la fibre ne fournissent que des estimations qui ne comprennent pas la production de la Chine.

Cinq classes sont prises en considération :

- fibres courtes : inférieures à 13/16 d'inch, soit 20,6 mm ;
- fibres moyennes : comprises entre 13/16" et 1 inch, soit 20,6 à 25,4 mm ;
- fibres longues-moyennes : comprises entre 1" 1/32 et 1" 3/32, soit 26,2 à 27,8 mm
- fibres longues : comprises entre 1" 1/8 et 1" 5/16, soit 28,6 à 33,3 mm ;
- fibres extra-longues : supérieures à 1" 3/8 soit 34,9 mm.

Les fibres courtes sont principalement utilisées en ouaterie et filature artisanale. Elles représentent 2,6 % de la production mondiale (moins la Chine), soit 302 000 tonnes en 1977/78. L'Inde est le producteur le plus important avec 263 000 tonnes suivi du Pakistan pour 33 000 t. Elles sont produites par des cotonniers des espèces *Gossypium arboreum* et *G. herbaceum*.

Les fibres moyennes alimentent la filature cardée produisant des fils de grosseur forte à moyenne (faible numéro métrique). Leur production représente 20,4 % de celle du monde (moins la Chine) soit 2 389 000 tonnes en 1977/78. Les U.S.A., essentiellement le Texas, en produisent 886 000 tonnes. L'Inde suit avec 650 000 tonnes, puis le Pakistan avec 481 000 tonnes. De nombreux

autres producteurs ont une partie de leurs récoltes classée dans cette catégorie. Ce sont en général des producteurs dont la plus grande partie des fibres est classée dans la catégorie « fibres moyennes à longues » et dont un certain pourcentage tombe dans la catégorie « fibres moyennes ». Elles sont essentiellement produites en culture sèche par des cotonniers de l'espèce *Gossypium hirsutum*.

TABLEAU XXII

Production (1000 t) du coton de différentes longueurs

Classement	1975/76		1976/77		1977/78	
	Tonnes	%	Tonnes	%	Tonnes	%
Fibres courtes.....	298	3,2	272	2,7	302	2,6
Fibres moyennes.....	1 796	19,1	1 836	18,0	2 389	20,4
Fibres longues moyennes.....	5 554	59,1	6 239	61,1	6 881	58,2
Fibres longues.....	1 244	13,3	1 383	13,5	1 589	13,6
Fibres extra-longues.....	493	5,3	480	4,7	522	4,5
TOTAL mondial (sans la Chine)..	9 386	100,0	10 210	100,0	11 683	100,0
TOTAL mondial.....	11 746		12 438		13 797	

Les fibres longues-moyennes représentent environ 60 % de la production mondiale (moins la Chine) soit 6 881 000 tonnes en 1977/78 et sont le type le plus fréquemment utilisé en coton cardé bien que les plus belles catégories soient parfois utilisées en peigné. Ce sont des cotons de culture sèche ou irriguée et la plupart des pays producteurs ont une partie de leur récolte dans cette catégorie. En 1977/78 l'U.R.S.S. arrive en tête avec 2 244 000 tonnes, suivi des U.S.A. avec 1 800 000 t., de la Turquie 570 000 t, du Brésil 372 000 t et du Mexique 321 000 t. Elles sont produites par des cotonniers de l'espèce *Gossypium hirsutum*.

Les fibres longues n'interviennent que pour 13,6 % de la production mondiale, moins la Chine, soit 1 589 000 tonnes en 1977/78. Elles sont utilisées en filature cardée pour des fils fins (numéro métrique élevé) et en filature peignée. Elles comprennent à la fois les meilleurs produits de l'espèce *Gossypium hirsutum* et les produits les plus courts de l'espèce *Gossypium barbadense*. Les principaux producteurs sont l'U.R.S.S. avec 411 960 tonnes, les U.S.A. 329 570 t, l'Égypte 255 410 t et l'Iran 134 860. Si l'on

ajoute les cinq pays suivants par ordre décroissant de production : Grèce, Pérou, Afrique du Sud, Brésil et Espagne, on constate que ces neuf pays ont produit en 1977/78 : 1 409 110 t, soit 89 % de la production mondiale de cette catégorie.

Les fibres extra-longues ne représentent que 4 % de la production mondiale toutes catégories (moins la Chine), soit 522 000 tonnes. Ces cotons fins, résistants et d'une grande longueur sont essentiellement utilisés en filature peignée pour l'obtention de fils de qualité supérieure. Comptant peu de pays producteurs et 7 pays exportateurs, leur marché est différent de celui des autres qualités. L'U.R.S.S. et l'Inde consomment l'intégralité de leur production (108 000 tonnes et 130 000 t en 1977/78).

Cette même année les pays ayant récolté plus de 1 000 tonnes de fibre ont été l'Égypte, premier producteur mondial (144 000 tonnes), le Soudan (88 000 tonnes), les U.S.A. (24 000 tonnes), le Pérou (16 000 tonnes), le Maroc (6 000 tonnes), l'Israël (3 000 tonnes), le Yemen RDP (2 600 tonnes). D'autres pays, petits producteurs, ont produit globalement 400 tonnes. Ces cotons sont essentiellement des cotons à cycle long cultivés en culture irriguée. A l'exception des variétés de l'hybride (*G. hirsutum* × *G. barbadense*) qui constituent une partie de la production de l'Inde dans cette catégorie, toutes ces extra-longues soies appartiennent à l'espèce *Gossypium barbadense*.

LA CONSOMMATION

PLACE DU COTON DANS LES USAGES TEXTILES (Annexe 6).

Le coton reste la fibre fondamentale dans les usages textiles mais son importance dans la consommation mondiale ne cesse de décroître : 57,5 % en 1968, 47,5 % en 1978. Cependant, du fait de l'augmentation globale de la consommation de l'ensemble des fibres textiles le tonnage consommé en coton a été en légère augmentation ces dernières années. La même évolution se constate dans le cas de l'autre fibre naturelle, la laine, qui en 1978 en représentait plus que 5,2 % de la consommation, mais dont le volume consommé reste assez stable.

En ce qui concerne les fibres fabriquées, il faut distinguer les cellulosiques et les synthétiques. Les premières voient leur utilisation diminuer, ce qui se traduit par une baisse de consommation au plan mondial, et par une baisse de pourcentage par rapport au total des fibres textiles utilisées : 17,3 % en 1967 contre 11,8 % en 1978. Les synthétiques, au contraire, sont en expansion. Leur

taux de croissance a été de plus de 13 % entre 1970 et 1977 et leur pourcentage d'utilisation est passé de 17,5 % en 1968 à 35,5 % en 1978.

LA CONSOMMATION DE COTON BRUT (Annexe 5).

Si l'on excepte la crise de 1974, on constate que la consommation de coton a augmenté au cours de la dernière décade. Elle s'est déplacée sur le plan géographique au détriment des zones anciennement industrialisées et au profit des régions où l'industrialisation est récente. C'est ainsi que la part de l'Asie-Océanie s'est élevée à 49,6 % en 1978-79 alors qu'elle n'était que de 43,5 % en 1970-71. Celle de l'Amérique du Sud pour la même période est passée de 4,8 % à 6 % et celle de l'Afrique de 3,6 à 4,4 %. Par contre, en Amérique du Nord on note une baisse sensible : 16,6 % en 1970-71, et 12,1 % en 1978-79. Il en est de même en Europe : 11,5 en 1970-71, 9,4 % en 1978-79, mais la baisse est beaucoup plus sensible en Europe de l'Ouest qu'en Europe de l'Est. L'U.R.S.S. a augmenté légèrement sa consommation au cours de la décade. On doit noter que les chiffres de consommation seraient différents s'ils étaient exprimés en tonnes de produits transformés car les pays à industrie textile ancienne sont devenus de gros importateurs de produits fabriqués en provenance de pays nouvellement équipés.

Quant aux pays grands consommateurs de fibre de coton on constate (Annexe 7) que les dix plus importants, au cours des cinq dernières années, consomment plus de 70 % du total mondial. En outre, il est à noter qu'aucun pays européen ne figure dans ce groupe depuis 1976, la Turquie et la République Sud-Coréenne ayant remplacé la République Fédérale d'Allemagne et la France.

LES IMPORTATIONS DE COTON BRUT

(Annexe 10)

L'Asie et l'Europe sont les grandes régions importatrices, l'Amérique et l'Afrique étant des zones exportatrices.

Le Japon est le plus important importateur au plan mondial (16,8 % en 1978-79) depuis de nombreuses années. Dans un passé plus récent, la République de Corée, Hong Kong et Taïwan sont devenus de grands importateurs (15,3 % à eux trois pour 1978-79). La République Populaire de Chine, grand pays producteur, importe, pour alimenter son industrie en grand développement, le tonnage qui lui est nécessaire, soit, en 1976-77, 3,3 % du total mondial, en 1978-79, 11,9 % ; en 1979-80 cette proportion sera beaucoup plus importante.

L'Europe occidentale est, après l'Asie, une grande zone d'importation (25,8 % en 1978-79). Son approvisionnement est très diversifié. L'Europe orientale (14,4 % en 1978-79) importe essentiellement d'U.R.S.S.

LES EXPORTATIONS DE COTON BRUT

(Annexe 8)

Les grands pays producteurs ne sont pas toujours de grands exportateurs. C'est ainsi que la Chine est essentiellement un pays importateur et que l'Inde qui fut jadis un important exportateur absorbait ces dernières années l'intégralité de sa production. Le marché de l'exportation est dominé par deux pays, l'U.R.S.S. et les États-Unis, qui à eux deux fournissent plus de 50 % du total du coton importé dans le monde. Deux pays africains figurent dans le lot des grands exportateurs : le Soudan et l'Égypte (4,1 % et 3,5 % en 1978-79) avec deux pays d'Asie : la Turquie et la Syrie (4,8 % et 2,8 %) et 4 pays d'Amérique latine : Mexique, Guatémala, Nicaragua et Paraguay (4,6 % - 3,5 % - 2,6 % - 2,0 % en 1978-79).

La part des États-Unis dans les exportations mondiales est donc nettement plus faible qu'il y a trente ou quarante ans et l'U.R.S.S. a parfois exporté un tonnage plus important que les U.S.A., comme en 1975-76. Mais l'influence des États-Unis reste considérable sur le marché car ce pays peut suivant la conjoncture économique mondiale faire varier sa production et donc le niveau de ses exportations dans une proportion considérable. En 1979-80 les exportations des U.S.A. représenteront environ 41 % du tonnage mondial alors qu'elles n'étaient que de 17,8 % en 1975-76.

LA COMMERCIALISATION

HISTORIQUE.

Le commerce du coton fut basé pendant tout le XIX^e siècle et la première moitié du XX^e siècle sur un système totalement libéral. Le prodigieux développement de l'industrie textile anglaise favorisa au XIX^e siècle un important courant d'importation entre les U.S.A. producteurs et l'Angleterre. De très fortes spéculations amenèrent à la réglementation des échanges. Liverpool joua un rôle capital et c'est en 1841 que fut créée la « COTTON BROKER'S ASSOCIATION », première tentative d'organisation, puis plus tard l'« Arrival Market » qui était une esquisse de marché à terme. Mais

c'est John REW, qui après la guerre de Sécession et par l'utilisation du télégraphe, créa le premier marché à terme. La Bourse de New York fut créée en 1871, suivie par Le Havre, Brême, Bombay, Alexandrie. Liverpool resta longtemps le centre du marché et imposa ses cotations au monde entier.

La guerre de 1939-1945 et ses conséquences modifièrent totalement le problème. Le libre échange avait vécu ; les gouvernements établirent le contrôle des achats. Il ne fut aboli en Grande-Bretagne qu'en 1954.

Actuellement le marché de Liverpool n'a plus l'importance qu'il avait en 1940 ; ses cotations, comme celles de Brême, ne font que donner une idée du marché. La place de New York est devenue le centre de référence des autres places mondiales. Bombay est une place sur le marché indien intérieur et Le Havre n'a plus de marché à terme. Les bourses européennes interviennent dans les arbitrages : elles reçoivent les standards des pays producteurs, établissent les écarts pour les différentes provenances, fournissent des informations statistiques et donnent des cotations de diverses origines. Elles établissent des contrats auxquels se réfèrent les transactions privées.

LA FIXATION DES PRIX.

Le prix atteint sur le marché dépend essentiellement de l'offre et de la demande. Une prévision de forte production sans espoir d'augmentation de la consommation amènera un gonflement des stocks et sera un facteur de baisse. En fait, le jeu n'est plus totalement libre comme dans un lointain passé, de nombreux pays ayant établi des règlements à l'exportation qui peuvent constituer des barrières à un véritable libre échange.

L'influence des deux grands pays exportateurs, États-Unis et U.R.S.S., qui à eux seuls ont fourni ces dernières années la moitié des quantités mises sur le marché, est considérable. Grands exportateurs mais aussi grands producteurs, ils influencent directement le marché de l'offre et de la demande. En U.R.S.S., pays à planification centrale cherchant à développer sa production chaque année, les fluctuations de production ne sont dues qu'aux conditions du milieu. Aux États-Unis il en est tout autrement ; la superficie semée peut varier considérablement : en 1975/76, 3,5 millions d'hectares, en 1978/79, 5,2 millions. Ces fluctuations interviennent de façon directe sur le volume des disponibilités. C'est ainsi qu'en 1969-70 les États-Unis ont exporté 626 000 tonnes, alors qu'en 1979-80 les sorties ont été de 2 000 000 de tonnes, le niveau le plus élevé depuis 53 ans, représentant 41 % du total des opérations mondiales.

Les deux grands producteurs, contrairement à la plupart des pays en voie de développement, peuvent ralentir les ventes si les prix sont bas. De plus, les exportateurs américains utilisent le marché à terme pour se protéger contre la baisse et pour vendre avec des délais de livraison très lointains. La Chine, grand producteur et faible exportateur, a une production variable ; pour subvenir à sa consommation elle doit procéder, de temps à autre à des importations massives. Dans un passé récent, le minimum a été de 108 000 tonnes (1970/71) et le maximum sera obtenu en 1979-80 (plus de 700 000 tonnes).

Les prévisions de récolte et de consommation se reflètent sur le marché à terme de New York qui ne traite que les cotons produits aux U.S.A. ; vu son importance en tant qu'exportateur, ce pays a une influence directe sur les cours du marché mondial. Chaque place cotonnière suit le cours du marché à terme de New York.

En Europe occidentale, deux cotations reflètent le marché : celle de Liverpool et celle de Brême. Elles font connaître les offres des vendeurs pour les principales provenances mises sur le marché ; les cotations sont établies en *cents* (U.S.) par livre (poids). Liverpool, de plus, calcule deux indices, A et B, le plus couramment utilisé. L'indice A correspond au grade « Strict Middling 1-1/16 ». Il représente la moyenne de la cotation des cinq cotons les moins chers parmi un certain nombre de provenances classées comme référence. En France, la revue « MARCHÉS TROPICAUX ET MÉDITERRANÉENS » publie chaque semaine, à titre indicatif, les prix des principaux produits tropicaux et du coton pour quelques provenances. La Commission des Prix du Coton Brut à Paris publie chaque mois un bulletin destiné aux professionnels et fait état des prix pratiqués en France.

Les tableaux mentionnés en Annexe 9 montrent la variation moyenne mensuelle des cours depuis 1973/74. Le premier donne en francs par kilo les cotations CIF du « Standard I » d'Afrique Centrale et de l'Ouest de « MARCHÉS TROPICAUX ». Le second, en *cents* (0,01 \$) par livre, donne en CIF la cotation de l'indice de Liverpool.

ACHAT AU PRODUCTEUR.

Suivant le pays ou le volume du tonnage produit par un producteur, on achète le coton-graine ou la fibre et la graine séparément. Dans le premier cas les frais d'égrenage sont à la charge de l'acheteur, dans le second, c'est le producteur qui fait égrener à façon et dispose ensuite pour la vente de la fibre et de la graine.

Le prix payé au producteur peut être, soit totalement libre, soit fixé avant la récolte ; il existe de nombreux systèmes intermédiaires.

Dans le premier cas, le prix d'achat variera au gré des cours du coton et le producteur n'aura aucune garantie d'un prix minimal mais pourra profiter d'une hausse. Dans le système du prix fixé pour une campagne, le producteur ne subira aucune variation des cours mondiaux de la fibre. C'est notamment le cas en Afrique francophone où ont été créées des caisses de stabilisation. Les sociétés d'État, qui achètent le coton-graine aux producteurs (photo 84) à un prix fixé par le Gouvernement et annoncé avant les semis, recevront de ces caisses une indemnisation de manque à gagner si les cours de réalisation sont plus faibles que prévu. Par contre, si ceux-ci sont au-dessus des prévisions elles reverseront le bénéfice supplémentaire aux caisses de stabilisation.

Les systèmes intermédiaires sont variés. Par exemple le coton graine livré à l'organisme chargé de l'achat peut être payé sur une base fixée en départ de campagne ; en fin de campagne on restitue éventuellement au producteur une somme complémentaire dite de « liquidation » calculée en fonction des ventes effectives.

PRIX AUX PRODUCTEURS DES U.S.A.

La fibre et la graine sont achetées séparément aux producteurs. C'est en 1977 qu'a été votée la loi agricole qui contient les mesures concernant le coton ; elle doit rester en vigueur jusqu'en 1981. Son application au prix de la fibre est très complexe et il est possible de n'en indiquer ici que les grandes lignes. Les planteurs qui remplissent les conditions exigées peuvent obtenir un prêt sur récolte dont la durée est en principe de 10 mois mais qui, sous certaines conditions, peut être allongée de 8 mois. Le tarif du prêt (prix d'une livre de fibre) est calculé en tenant compte du prix disponible sur le marché intérieur et du cours des cotons en Europe (Indice A de Liverpool). Il doit être annoncé au plus tard le 1^{er} novembre de l'année précédant la campagne de commercialisation durant laquelle le prêt sera en vigueur. Pour la récolte 1980, il a été fixé à 48 cents (0,48 \$) la livre. En complément de ce prêt le Département de l'Agriculture détermine chaque année le prix cible ou prix minimum garanti. Il était de 0,584 \$ la livre en 1980.

En conclusion, pour une provenance déterminée les différentes bourses mondiales disposent de standards officiels mis à jour annuellement. Le standard de base est pris comme référence pour établir la cotation au jour le jour, mais les écarts sont fixés entre les différents standards. Le prix est en général en cents (U.S.A.) par livre anglaise et les écarts en points, centièmes de cents par livre.

Les transactions sont opérées, soit par rapport à un standard officiel, soit par rapport à un type privé. Un exportateur peut

établir ses propres types et vendre sur échantillon ; en cas de contestation l'arbitrage se fera toujours par référence aux standard officiels.

Si la longueur et le grade sont les éléments qui fixent en général la qualité des produits, il peut arriver que d'autres éléments soient pris en considération : l'humidité, l'indice micronaire (finesse et maturité), et la résistance de la fibre. Les deux premières caractéristiques peuvent donner lieu à l'arbitrage, les bourses cotonnières étant équipées pour leur mesure. Par contre la résistance, qui figure du reste rarement dans un contrat, ne peut donner lieu à arbitrage officiel. En cas de contestation on cherche à obtenir un arrangement à l'amiable.

QUATRIÈME PARTIE

LA GRAINE

SES DÉRIVÉS ET SOUS-PRODUITS

Le but principal de la culture cotonnière est la production de fibre dans les meilleures conditions de rentabilité.

Nous avons jusqu'ici étudié le cotonnier sous cet angle en passant sous silence les produits dérivés et les sous-produits qui concourent également à cette rentabilité.

Pour cent kilogrammes de coton graine récoltés on peut ventiler les principaux produits obtenus de la façon suivante, compte tenu des 2 à 3 % de déchets toujours présents :

- *fibre*..... 30 à 45 kg suivant la variété ;
- *graines*..... 53 à 65 kg se décomposant ainsi :
 - *linter*..... 0 à 7 kg,
 - *coques*..... 13 à 15 kg,
 - *amandes*.... 35 à 42 kg, comprenant :
 - 9 à 12 kg huile,
 - 11 à 13 kg protéines,
 - 15 à 18 kg autres produits.

En 1977, la production mondiale de graine de coton ayant été estimée à plus de 26 millions de tonnes on peut considérer qu'elle constitue une matière végétale d'un intérêt capital pour le monde actuel à la recherche de nourritures.

CHAPITRE XIV

LA GRAINE

Nous l'étudierons en fonction des produits de transformation qu'elle est susceptible de fournir.

CONSTITUTION ET COMPOSITION

Elle comprend trois parties très distinctes :

— **l'amande**, partie la plus importante (35 à 42 %), formée par l'embryon et les deux cotylédons repliés. Ce sont ces derniers qui contiennent la majeure partie de l'huile et des glandes à pigments. Sa masse générale est de nature cellulosique et albuminoïdique ;

— **la coque** ou **tégument** de la graine (spermoderme), qui constitue son enveloppe protectrice à maturité. Elle est ligneuse et ses cellules desséchées sont composées de cellulose et de pentosane ;

— **le duvet** ou **linter**, formé de petits poils présents sur certaines espèces. Il est séparé de la graine par une opération appelée délintage.

Ces trois parties sont en proportions variables suivant les espèces, les variétés et les conditions de culture (tableau XXIII).

Chimiquement la graine de coton à sa maturité se compose de glycérides, de protéines, de sucres, de pectocellulose et hémicellulose, de pigments divers, de matières minérales et d'une proportion d'eau se situant normalement entre 9 et 10 %. Toutefois le pourcentage de chacun de ces constituants varie au cours du développement de l'ovule après fécondation. Il semble intéressant de noter, par exemple (tableau XXIV) que si les sucres réducteurs sont en quantité élevée dès la première semaine du développement

TABLEAU XXIII

Variations % des composantes des graines de coton*
à 10 % d'eau selon l'espèce

ESPÈCES	DUVET	COQUE	AMANDE	POIDS 100 graines g
G. hirsutum.....	6 à 17 %	34 à 40 %	48 à 53 %	8 à 14
G. barbadense.....	0 à 2 %	34 à 41 %	55 à 65 %	9 à 12
G. arboreum.....	2 à 11 %	45 à 48 %	50 à 52 %	4 à 8
G. herbaceum.....	2 à 8 %	40 à 45 %	48 à 52 %	6 à 9

* Viables, normalement constituées et non délitées.

TABLEAU XXIV

Évolution de la composition de l'ovule à partir de l'anthèse exprimée
en % et mg de matière sèche

SEMAINES DEPUIS la floraison	SUCRES réducteurs %	OLIGO saccharides %	PROTÉINE %	HUILE %	MATIÈRE sèche restante %	MATIÈRE sèche totale mg
Anthèse	4,5	3,8	39,9	0,15	5,1	6
1	46,5	7,1	19,9	0,7	25,8	75
2	45,5	7,7	11	1,25	34,7	519
3	42,5	6,9	13,3	1,10	35,2	1088
4	26,3	6,5	12,5	1	53,7	1645
5	15,8	5,7	12,9	3,6	62	2135
6	7,4	5,2	10,6	7,5	69,3	3100
7	5,1	5,1	11	9,9	68,9	3815
8	4	3,5	15,2	11,2	66,1	4099
9	1,95	2,7	14,9	12	68,5	4526
Ouverture capsule	0,66	2,7	13,9	12,6	70,1	4519

de la capsule, ils disparaissent le plus souvent quasi complètement à la maturité ; c'est entre la quatrième et la sixième semaine que les transformations s'accélèrent. Les oligosaccharides suivent une courbe assez similaire mais leur présence est encore loin d'être négligeable à la fructification. Quant au pourcentage de protéines, après avoir chuté rapidement durant les deux premières semaines,

il baisse plus lentement ensuite avant de remonter à partir de la septième semaine. Enfin l'huile, à l'état de trace au départ, ne voit sa présence augmenter qu'à partir de la cinquième semaine. Le cotonnier est donc le siège d'une activité chimique de synthèse extrêmement importante et plus particulièrement entre les trente et quarantième jours après l'anthèse.

PRODUCTION, ÉCHANGES MONDIAUX, USAGE

Les statistiques sur les graines de coton n'indiquent, dans la plupart des cas, que des chiffres estimatifs calculés à partir de la production de fibre. Elles ne sont donc que très approximatives et en outre chaque année il est nécessaire d'établir des rectifications qui tiennent compte des dates de récoltes, très différentes suivant les hémisphères.

Cela explique l'imprécision des statistiques qui ne sont souvent disponibles que plusieurs années après la récolte. Bien qu'en 1980 nous n'ayons que les statistiques provisoires de 1977, il apparaît intéressant de connaître les productions mondiales (Annexe 11).

Les mouvements commerciaux sont connus avec assez d'exactitude. On remarquera en Annexe 12 que certains pays producteurs importants sont à la fois exportateurs — ce qui peut s'expliquer facilement — et importateurs, ce qui pourrait paraître contradictoire. Les statistiques ne faisant pas la distinction entre graines à transformer et graines de semence, c'est en général à cette dernière catégorie qu'appartiennent les graines importées par des pays producteurs. C'est le cas du Honduras, du Guatemala, de la Colombie, d'El Salvador, etc. Toutefois on ne doit pas attribuer à la semence l'intégralité de ces importations pour certains pays qui ont des possibilités de trituration supérieures à leur propre production.

La faible quantité de graine commercialisée par rapport à la production mondiale (1 % environ) vient du fait qu'elles sont utilisées par les pays producteurs de fibre. En comparant les productions d'huile et de tourteau (Annexe 11) à celles des graines, compte tenu des taux d'extraction, on observe qu'une part encore importante de ces dernières ne subit aucune transformation. Beaucoup de pays les utilisent pour des usages secondaires en regard de la valeur nutritive incontestable de celles-ci. Parmi ces utilisations subalternes, citons :

— complément à l'alimentation du bétail : la présence de gossypol ne permet leur emploi qu'en faible quantité, environ quelques kilogrammes par jour et par tête de gros bétail. La

présence des coques cellulosiques dures est recommandée à faible dose pour les jeunes mammifères (digestibilité) ;

— **engrais** : les graines apportent l'équivalent par quintal de $10N$, $2P_2O_5$ et $3K_2O$. On les enfouit en général après broyage pour éviter les risques de germination et pour des raisons phytosanitaires ;

— **combustible** : ce fut l'usage le plus longtemps répandu. Il y a moins d'un quart de siècle une grande partie des locomobiles faisant fonctionner les usines d'égrenage et autres petites industries africaines utilisaient les graines comme source de chaleur. Elle n'était d'ailleurs pas négligeable pour des pays manquant souvent de sources d'énergie puisque le pouvoir calorifique des graines est de 4 100 calories g alors que celui du bois sec est de 4 000 et celui de la houille environ 7 000.

Cette situation a évolué considérablement et évolue encore à l'heure actuelle comme l'indique le tableau XXV.

TABLEAU XXV

Utilisation des graines de coton dans neuf pays africains tropicaux francophones et Madagascar

UTILISATION	1972-93	1976-77
Graine (tonnage).....	273 000	360 000
Graines exportées.....	36,6 %	12,8
Semences.....	13,2	11,4
Alimentation du bétail.....	9,2	6,9
Combustible.....	6,2	3
Huilerie.....	29,3	49,2
Inutilisées, déchets.....	5,5	16,7
	100	100

Source M. BUFFET

On constate une diminution notable des exportations en valeur tonnage et en pourcentage malgré une production de 301% supérieure. Ce recul est la conséquence d'une utilisation plus importante des graines pour des usages internes, dont principalement l'huilerie (49,2 % au lieu de 29,3 %).

AMÉLIORATION DES GRAINES

Les travaux de recherches ont été beaucoup moins importants en ce qui concerne la graine qu'en ce qui regarde la fibre. La raison en incombe surtout aux spécialistes de la transformation qui estimaient de qualité suffisante les produits disponibles sur le marché cotonnier.

A la suite de deux découvertes scientifiques, cette situation a considérablement évolué : la connaissance génétique du caractère « glandless » et la maîtrise de sa transmissibilité d'une part et la mise au point du procédé L.C.P. (« Liquid Cyclone Process »), procédé permettant de séparer mécaniquement les glandes à pigments des farines de coton d'autre part. La graine devient donc, pour l'agriculteur et l'industriel, un produit important dont l'amélioration permettait de situer sa valeur au-dessus des 15 % du prix total de la récolte. On pouvait donc penser que le cotonnier, de plante textile qu'il était, accéderait en outre au rôle de plante vivrière.

L'amélioration des qualités de la graine utilisée comme semence a déjà été traitée, aussi examinons les améliorations en vue d'obtenir un meilleur produit de consommation :

— **le taux d'acides gras libres** : c'est un caractère lié aux conditions de conservation et de stockage. Son augmentation implique une dégradation des qualités de la graine ;

— **la teneur en gossypol** : l'importance de ce pigment déprécie la valeur de la graine en agissant sur le goût et la coloration des produits extraits de la graine (huile, tourteau, farine). On neutralise la toxicité du gossypol en l'associant aux protéines pour former des complexes ; le procédé diminue la valeur nutritive de la farine. La recherche de variétés sans glande est l'un des grands thèmes de sélection à l'heure actuelle même si l'on n'est pas encore parvenu à maîtriser complètement le complexe économique-industriel que pose leur utilisation ;

— **la teneur en huile** : le taux d'huile dans la graine est un caractère variétal influencé par les conditions de culture. Cette amélioration doit cependant tenir compte de la corrélation inverse qui semble exister entre teneur en huile et teneur en protéines.

— **la teneur en protéines totales** : elle est directement liée à la valeur alimentaire de la farine de coton : son amélioration doit donc être conduite pour les variétés des régions où la graine pourra être utilisée comme aliment ;

— **la teneur en lysine** : la richesse de la graine en cet acide aminé déterminera sa valeur nutritive ;

— **le pourcentage de la coque** : il doit être aussi réduit que possible, étant donné le faible intérêt de la coque ;

— **le duvet** : sa présence sur la graine ne présente aucun intérêt particulier. Le délintage facilite l'extraction d'huile.

Les sélectionneurs de coton tiennent déjà compte non seulement des qualités de la fibre et des caractères « glandless » mais également des composants de la graine elle-même.

Des études sont actuellement en cours aux U.S.A. portant particulièrement sur :

— la physiologie et la biochimie des graines ;

— l'étude de la variabilité génétique de la teneur en huile et la reprise de différents fonds génétiques dans cette nouvelle optique.

Dans les programmes de recherches des pays francophones où coopère l'I.R.C.T., la teneur en huile des graines des nouvelles descendance est considérée comme l'un des éléments de la sélection et de la vulgarisation des variétés.

CHAPITRE XV

L'HUILE

Autrefois, l'huile de coton n'était pas utilisée pour la consommation humaine en raison de sa couleur et de son goût. Les progrès industriels et techniques ont permis son usage dans tous les domaines depuis près d'un siècle.

A l'heure actuelle, le potentiel mondial d'huile alimentaire fluide se situe comme suit (source bulletin U.S.D.A. nov. 1979) :

1978-79	(chiffres provisoires)	(estimation)
Soja.....	12 177 000 t	14 531 000 t
Tournesol.....	4 558 000 t	5 425 000 t
Colza.....	3 764 000 t	3 584 000 t
Arachide.....	3 541 000 t	3 494 000 t
Coton.....	3 033 000 t	3 276 000 t

Il est donc dominé de très loin par le soja ; vient ensuite le tournesol dont la production est assez fluctuante, suivi par trois huiles, dont celle du coton, qui se situent à un niveau sensiblement similaire.

STOCKAGE ET CONSERVATION DES GRAINES

Les huileries sont généralement installées sur les lieux mêmes de production et à proximité des usines d'égrenage pour éviter des frais élevés de transport.

La récolte du coton graine étant réalisée dans un laps de temps assez étroit, les usines d'égrenage sont généralement équipées pour traiter rapidement cette production ; les graines se trouvent à la disposition de l'huilerie en quantité allant bien au-delà de sa capacité de traitement immédiat. Le problème du stockage se

pose donc avec acuité car les graines sont loin d'avoir l'humidité permettant une bonne conservation sans altération.

Réceptionnées à l'entrée de l'usine en les déversant sur une trémie en métal elles sont entraînées par vis hélicoïdale raccordée à un élévateur à godet et reprises par un système les répartissant dans un hangar métallique de stockage.

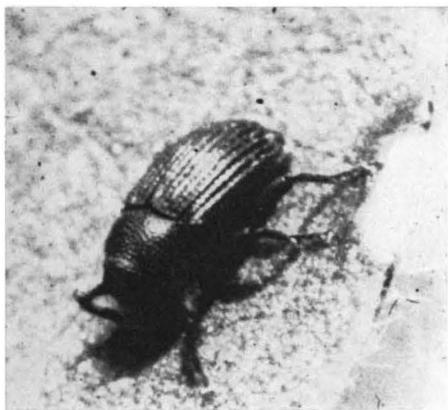
La teneur en eau des graines au sortir de l'usine d'égrenage est en général de 7 %, parfois plus. Pour une bonne conservation il convient de descendre celle-ci et de la maintenir à 5 %. L'élimination de l'humidité en excès se fait par aérations successives et séchage par ventilation d'air extérieur ou d'air chaud. Il convient de savoir qu'au-delà de 35 °C la masse de graines risque d'amorcer les phénomènes de fermentation et l'aération et le desséchage deviennent indispensables. Une température se situant vers 15 à 20° serait idéale mais elle est rarement possible en pays tropical. Les graines devant être traitées à nouveau sont reprises à la base du stock puis ventilées, desséchées avant de retourner au hangar de stockage. Les magasins modernes programment ces opérations à intervalles réguliers ; si cette disposition n'existe pas le taux d'humidité et la température sont contrôlés en permanence.

PRÉPARATION A L'EXTRACTION

NETTOYAGE.

Le problème du nettoyage, s'il se pose avec moins d'acuité pour les récoltes faites manuellement, s'est considérablement compliqué depuis l'utilisation des « cotton picker » et surtout « cotton stripper » malgré les nombreux nettoyeurs inclus dans les récolteuses et les usines d'égrenage. Une part non négligeable d'impuretés de toutes sortes, feuilles, bractées, brindilles, reste attachée au duvet et s'ajoute aux cailloux, terre, sable, parties métalliques, que l'on rencontre parfois. Les matières végétales, en se décomposant les premières en présence d'humidité, favorisent la fermentation des graines stockées ; les matières minérales détériorent ou usent prématurément les délinteuses et décortiqueuses. Toutes ces impuretés, en proportion parfois importante dans les graines (5 %), souillent et déprécient le linter.

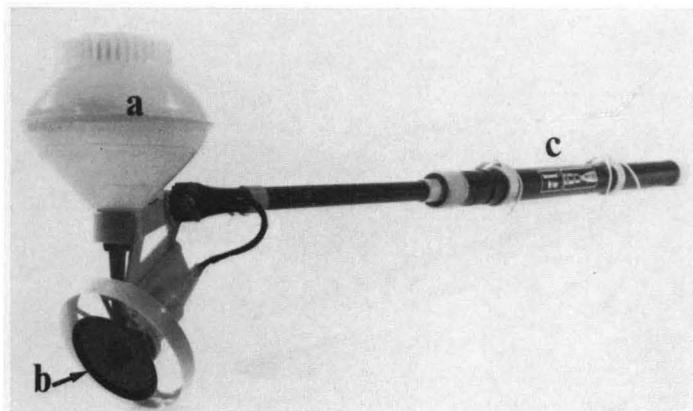
Divers appareils ont été inventés pour le nettoyage des graines. L'un utilise une succession de tamis inclinés et vibrants à mailles de plus en plus fines ; on recueille séparément impuretés végétales, graines cassées et graines entières. Un autre modèle est constitué de cylindres à mailles de finesse progressive pivotant sur des axes inclinés. Dans les deux types d'appareil le triage



PH. 54. — *Eutinobothrus brasiliensis* (P. PRUDENT).



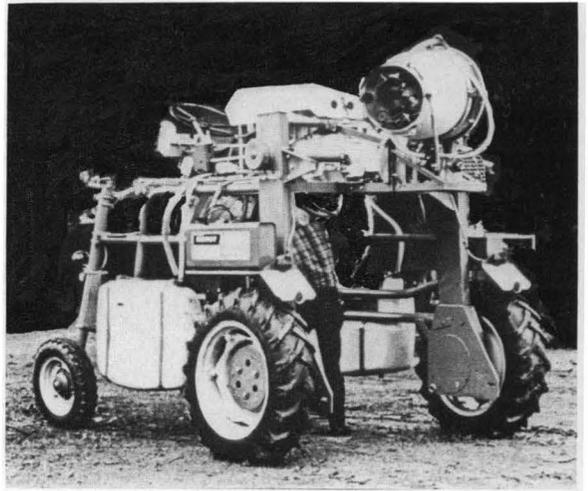
PH. 55. — Cadavre d'une chenille d'*Heliothis* morte d'une mycose (*Spicaria*).



PH. 56. — Appareil TECNOMA à main, type TIUBV : (a) réservoir 1 l d'insecticide, (b) disque diffuseur, (c) conteneur de piles (TECNOMA).



PH. 57. — Appareil TECNOMA à rampe :
 (a) buse de diffusion, (b) rampe,
 (c) tendeur pour réglage en hauteur
 de la rampe (TECNOMA).



PH. 58. — Tracteur enjambeur
 DEROT équipé de l'appareil
 TECNOMA à canon
 oscillant (I.R.C.T.).



PH. 59. — Tracteur enjambeur équipé d'une rampe de pulvérisation de 20 m
 (I.R.C.T.).

est complété par une forte ventilation éliminant poussières et impuretés légères. Le système à tamis vibrant débite 100 à 175 tonnes de graines par jour, celui à cylindre de 100 à 200 t. Des appareils plus récents (procédés ARS) utilisent les effets de rebondissements sur une paroi des graines entières, vides, avec fibre, cassées ; les rebondissements sont différents suivant la masse, le volume, la densité. Avec le système tarare on élimine environ 50 % des matières étrangères ; avec une ventilation on enlève 60 % et avec le procédé ARS jusqu'à 65 %.

En général toutes les graines entrant en huilerie sont nettoyées à nouveau, l'épuration en usine d'égrenage, qui vise plus la fibre que la graine, étant rarement jugée suffisante.

DÉCORTICAGE.

Le décortilage est une opération destinée à séparer la coque protectrice de la graine de l'amande qui est la seule à contenir de l'huile.

Les 5 à 8 mm de diamètre de la graine de coton, la relative élasticité de sa coque et le fait qu'elle soit encore recouverte de son duvet après l'égrenage causent de nombreux problèmes au décortilage.

Aux U.S.A., où le duvet de la graine trouve une utilisation commerciale, l'extraction de l'huile est précédée d'un délitage.

En Afrique francophone et dans tous les pays où l'énergie est chère, la valeur du linter ne couvre pas les frais de délitage. L'opération est sans objet, aussi on utilise un procédé qui permet de décortiquer la graine sans délitage préalable, à condition que l'humidité des graines n'excède pas 10 % et que le linter soit inférieur à 12 %. Au-delà de ce seuil en duvet il est nécessaire de procéder à un délitage de première coupe.

Le mélange amande et coque brisée passe ensuite dans un séparateur (fig. 69). Les amandes collectées sont dirigées vers les moyens d'extraction d'huile tandis que les coques encore fortement chargées de brisures grasses sont aspirées vers un batteur de coques qui parfait le travail du premier séparateur.

BROYAGE ET LAMINAGE.

Le broyage s'obtient par le passage des amandes entre des cylindres cannelés. La matière ainsi préparée est ensuite passée entre cinq cylindres lisses et superposés en fonte (fig. 70) ; ils ont de 30 à 50 cm de diamètre et une longueur variable suivant le débit désiré. Ce laminage a pour effet de réduire les amandes en fins flocons de 0,2 à 0,3 mm d'épaisseur afin de faire éclater les parois cellulaires, et faciliter les opérations ultérieures.

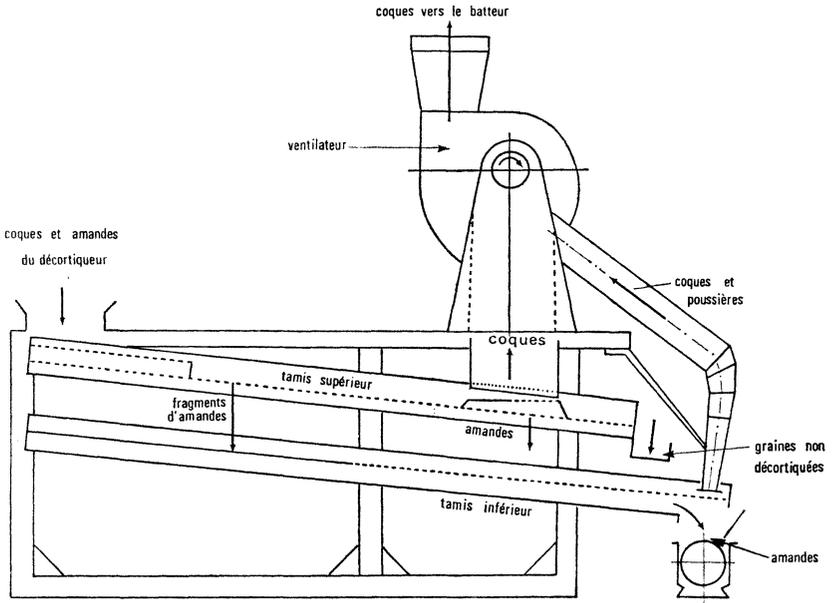


FIG. 69. — Schéma d'un séparateur d'amandes et de coques.

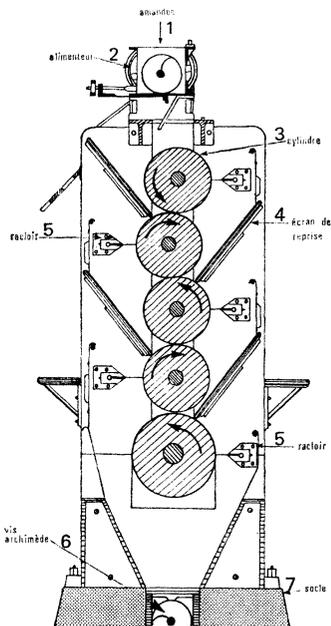


FIG. 70. — Schéma d'un laminoir à cylindres : 1, amandes ; 2, alimenteur ; 3, cylindre ; 4, écran de reprise ; 5, racloir ; 6, vis d'Archimède ; 7, socle.

CUISSON DES FLOCONS.

Les flocons doivent être soumis à un traitement qui favorise les réactions tendant à modifier la structure physique et chimique en vue de faciliter l'extraction.

Cette opération consiste à humidifier à 11 % les flocons et à leur faire subir une cuisson contrôlée pour :

- terminer de rompre les parois des cellules contenant l'huile ;
- rendre l'huile plus fluide ;
- provoquer la précipitation des protéines et des phosphatides ;
- rendre insoluble dans l'huile les matières pectiques ;
- libérer le gossypol de ses glandes afin qu'il se fixe aux protéines et devienne non toxique (le problème gossypol est étudié plus loin) ;
- détruire les moisissures, les bactéries et les enzymes hydrolysantes formant les acides gras.

Cette cuisson est réalisée dans un chauffeoir-séchoir constitué de cinq cuves superposées munies de parois chauffantes, manomètres, agitateur et clapet de communication. Le chauffage se fait individuellement par cuve, la température de la première étant montée rapidement à 90 °C pour éviter l'action des enzymes, actives jusqu'à 87 °C. La pâte passe de la première à la dernière cuve la température augmentant progressivement pour atteindre 110 °C. La durée de la cuisson est fonction du procédé d'extraction d'huile choisi : 80 minutes à 2 heures pour presse hydraulique, 80 minutes pour presse à vis, 30 à 40 minutes pour l'emploi de solvant. La pâte est progressivement séchée en passant dans chaque cuve ; débutant à 11 % d'eau elle doit arriver à 5 à 6 % si l'on utilise ensuite une presse hydraulique, 3 à 5 % pour presse à vis et 4 à 5 % par extraction au solvant.

EXTRACTION DE L'HUILE

Trois procédés sont à la disposition de l'industriel :

- le procédé par pression ;
- le procédé par solvant ;
- le procédé par pression préalable terminée par l'épuisement au solvant.

EXTRACTION PAR PRESSE HYDRAULIQUE.

C'est le procédé le plus ancien connu mais il présente de nombreux inconvénients pour l'industrie.

La presse hydraulique (fig. 71) est d'un emploi peu souple en raison de son fonctionnement discontinu et elle demande un personnel nombreux. Le rendement en huile est médiocre car

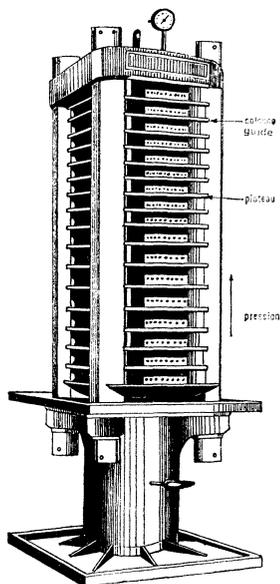


FIG. 71. — Schéma d'une presse hydraulique pour extraction d'huile.

il en reste plus de 6 % dans le tourteau ; par contre celui-ci est particulièrement apprécié.

Elle présente toutefois quelques avantages favorisant le maintien de son emploi dans certaines régions : investissement modeste et faible dépense en énergie.

L'huile de pression est claire et contient peu de gossypol libre.

Le fonctionnement de ce type de presse se déroule en plusieurs phases.

- préparation de galettes moulées et calibrées à partir de flocons chauds ;
- mise en place sur la presse de ces galettes démoulées ;
- pressage.

La durée de la compression par le piston hydraulique dure environ trente minutes pour que l'huile ait le temps de s'écouler.

EXTRACTION PAR PRESSION CONTINUE.

On utilise une presse à vis ou « expeller » dont il existe de nombreux modèles (photo 87 et fig. 72).

La presse à vis comprend très schématiquement :

— extérieurement, un cylindre formé d'une juxtaposition de barreaux disposés de façon à permettre la sortie de l'huile par les interstices ; l'ensemble de ce cylindre forme la cage ;

— intérieurement, une vis centrale constituée d'une succession d'éléments de vis de pas différents et de diamètres croissants séparés les uns des autres par des bagues qui freinent l'écoulement de la matière dans la cage pour favoriser l'extraction de l'huile.

L'énergie absorbée par l'expeller sert à l'extraction de l'huile mais une partie est transformée en chaleur, ce qui peut devenir néfaste pour la qualité des protéines, la coloration de l'huile et la capacité de travail de l'appareil. On refroidit donc la cage d'extraction par divers procédés dont le plus simple est de se servir de l'huile refroidie comme échangeur thermique.

Pour conserver à la matière pressée une perméabilité suffisante pour une bonne extraction on incorpore parfois 5 à 10 % de coques dans les amandes ; à la sortie de la presse la matière est refroidie et humidifiée et transformée soit en tourteau, soit en farine.

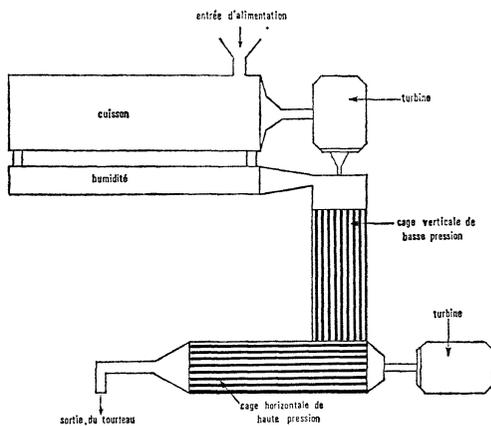


FIG. 72. — Schéma simplifié d'extraction par pression continue (expeller).

ÉPURATION DE L'HUILE BRUTE.

Au sortir de la presse hydraulique ou de l'expeller l'huile brute contient des impuretés insolubles (1 % en général). Il est nécessaire de lui faire subir une épuration qui stabilisera la composition de l'huile et facilitera son raffinage.

La décantation de l'huile au repos est une pratique courante dans les extractions par pression hydraulique car l'huile est relativement peu chargée d'impuretés. Par contre, l'huile de l'expeller a une forte proportion d'impuretés et se prête mal à une épuration statique car le contact de l'huile avec des substances étrangères riches en ferments hydraulisants (enzymes) favorise son acidification. On recourt dans ce cas à la filtration sous pression.

EXTRACTION PAR SOLVANT.

Cette technique d'extraction est utilisée par les industries traitant de gros tonnages de matière première en raison du coût élevé des installations (photo 88).

Le principe de l'extraction est de procéder à une série de lavages au solvant de la matière grasse. On procède soit par immersion en mélangeant intimement la matière première avec le solvant soit par percolation (fig. 73) en la faisant traverser par le solvant; ce dernier système est le plus répandu. On obtient ainsi, d'une part un miscella gras, et d'autre part une farine déshuilée que l'on débarrasse par chauffage des résidus de solvant qui l'imprègnent. Le miscella est distillé, les vapeurs de solvant sont condensées pour être remises en service tandis que l'huile est dirigée vers les traitements ultérieurs.

Le principal avantage de cette technique est d'obtenir une extraction poussée (moins de 0,2 % d'huile reste dans le tourteau) et de conserver la valeur en protéine de la farine déshuilée en raison de la basse température d'extraction.

Nombreux sont les solvants à être utilisés mais actuellement l'hexane est le plus couramment employé (point d'ébullition : 69 °C).

PROCÉDÉ MIXTE (prépressage et solvant).

Il se différencie du procédé à pression continue par une action moins poussée de la presse, donc une moindre élévation de température de la matière traitée (de 20 °C environ). La prépression laisse environ 10 à 12 % d'huile dans la matière première, huile que l'on extrait ensuite par le solvant (photo 86).

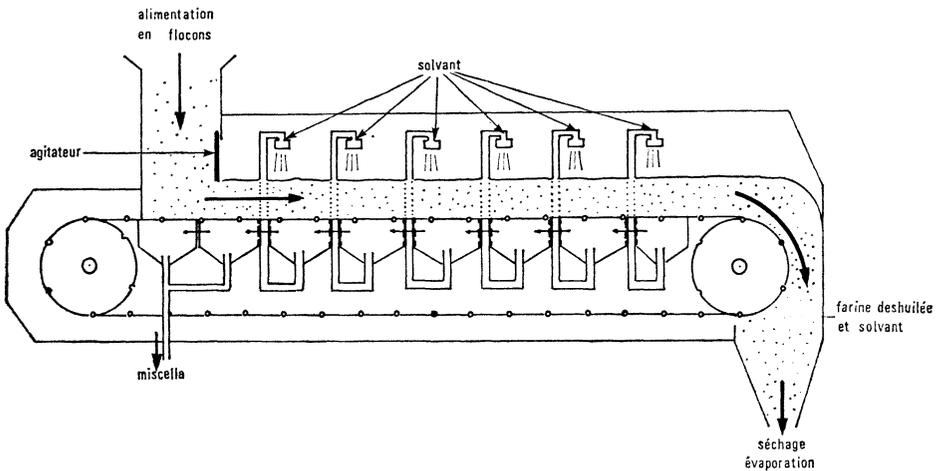


FIG. 73. — Extraction par solvant ; système par percolation.

RAFFINAGE DE L'HUILE

Au sortir des appareils d'extraction toutes les huiles contiennent, en dehors des glycérides, une proportion variable d'impuretés qui doivent être éliminées avant la consommation : les acides gras libres, les résines, les matières albuminoïdes gommeuses et mucilagineuses, les phosphatides (dont la lecithine), les stérols, les pigments, les matières odorantes et sapides. Certaines sont solubles dans l'huile, d'autres y sont en dispersion colloïdale. En outre des produits de dégradation peuvent communiquer à l'huile une saveur désagréable ou nuire à sa stabilité. Le raffinage consiste donc à éliminer tous ces produits non glycéridiques afin de fabriquer une huile alimentaire comestible (fig. 74).

La démucilagination ou dégomme consiste à éliminer toutes les impuretés, appelées aussi gommes, entraînées mécaniquement au cours de l'extraction. La démucilagination s'obtient, dans un premier temps, par une action mécanique de tamisage-filtration-essorage suivie d'une hydratation qui précipite les fines dispersions colloïdales de l'huile. Cette hydratation consiste à injecter dans l'huile une quantité bien définie d'eau à 60-90 °C, selon le procédé qui fait gonfler les gels et permet de les éliminer par décantation ou centrifugation. Ces matières gommeuses éliminées font retour au tourteau dont elles améliorent la valeur nutritive (lecithine, matière phosphonitrée) et facilitent la fabrica-

tion des agglomérés et granulés alimentaires, les mucilages étant adsorbés par la farine.

La démucilagination peut également se faire en fixant les gommés pour les rendre insolubles par l'action d'acides citrique, oxalique, phosphorique, acétique ou par l'ammoniaque.

On emploie aussi certains adsorbants tels que charbon actif et terre diatomée que l'on mélange à l'huile qui est ensuite filtrée. Cette technique facilite l'opération suivante.

Il existe enfin également une solution qui consiste à combiner la démucilagination à la neutralisation de l'huile car cette opération forme des savons qui entraînent avec eux la plus grande partie des gommés.

La neutralisation des acides gras libres présents dans l'huile est une opération qui, malgré sa simplicité apparente, est très complexe par les nombreux facteurs entrant en jeu. La proportion d'acide gras libre est très variable suivant la qualité des graines, leurs conditions de stockage et le mode d'extraction d'huile. La neutralisation doit avoir également une action sur les pigments et le gossypol, sans attaquer les glycérides. On emploie, en général, la soude caustique pour cette opération ; en se combinant avec les acides gras libres elle donne un savon alcalin. On obtient ainsi une huile stable ne contenant plus que 0,1 à 0,3 % d'acides gras libres.

Ce procédé, présente cependant l'inconvénient de saponifier une partie des triglycérides, aussi a-t-on recherché d'autres produits moins puissants pour cette neutralisation tels que le carbonate de soude et l'ammoniaque par exemple.

Tous les produits de la neutralisation de l'huile se retrouvent dans le précipité que l'on élimine par centrifugation de celle-ci : un mélange de savons, les impuretés non glycéridiques, une grande partie de l'eau utilisée avec la soude, le gossypol et les colorants qui étaient en solution dans l'huile. Ce résidu de l'opération de neutralisation s'appelle **soapstock** et n'est pas sans intérêt industriel puisqu'on récupère toute l'huile qu'il contient encore, le reste étant utilisé en savonnerie et pour la fabrication d'acides gras et de goudrons.

Le matériel et la technologie de neutralisation de l'huile sont très variés, aussi à titre d'exemple citons (fig. 75) le schéma d'un système de neutralisation-lavage.

Le **lavage** de l'huile est destiné à lui enlever toute trace de lessive. Cette opération est réalisée en mélangeant l'huile neutralisée avec 10 % de son poids en eau et en centrifugeant le tout. L'huile ainsi traitée contient moins de 0,1 % de savon et ne renferme plus de lessive.

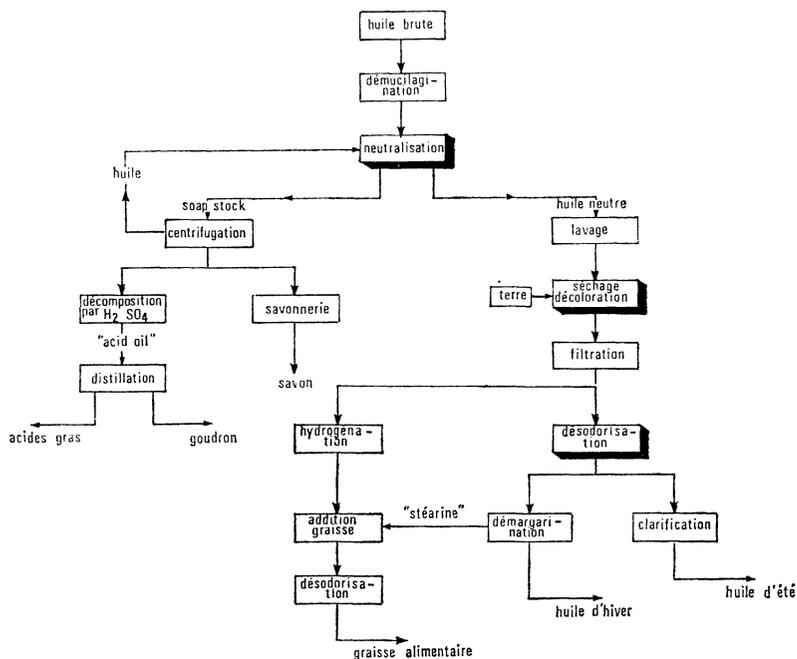


FIG. 74. — Diverses opérations du raffinage de l'huile.

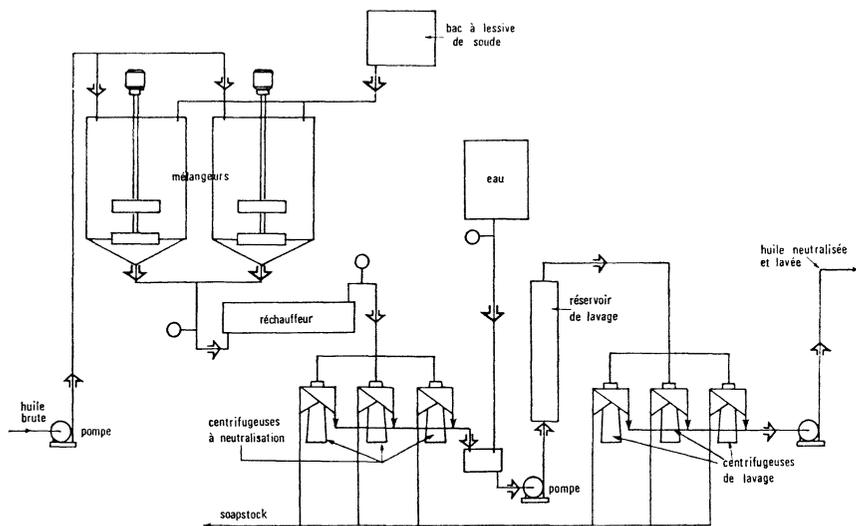


FIG. 75. — Schéma d'un système de neutralisation lavage de l'huile.

A ce stade l'huile contient encore 3 à 5 % d'humidité que l'on élimine par évaporation sous vide à 80 °C environ ; c'est le **séchage**.

La **décoloration** de l'huile s'obtient en la mélangeant avec du charbon activé et des terres (terre à foulon, diatomée...) agissant comme adsorbants des colorants. La séparation s'effectue ensuite par pressage ou solvant.

La **désodorisation** est la dernière opération avant que l'huile soit stockée ou conditionnée pour la vente. Elle permet d'éliminer les odeurs plus ou moins prononcées dues à diverses substances étrangères, en particulier aux aldéhydes et aux cétones. Ces substances étant particulièrement volatiles, leur élimination se fait en chauffant l'huile à 170-180° en vide profond par injection de vapeur d'eau qui entraîne les matières odorantes. Aux U.S.A. on chauffe l'huile à des températures beaucoup plus élevées ; cela permet d'éliminer en même temps que les odeurs les acides cyclopropéniques (malvaliques et sterculique).

La « **winterization** », ou démargarination (terme impropre), consiste à soumettre progressivement l'huile à une température inférieure à 5 °C, à l'y maintenir pendant un certain temps et à éliminer la partie solide qui se forme. Elle est constituée par des triglycérides disaturés (dipalmito-oléines et distéaro-oléines) de point de fusion élevé. Suivant l'origine des graines aux U.S.A., la « stéarine » ainsi obtenue peut représenter jusqu'à 25 % du poids de l'huile traitée. Cette opération est généralement réalisée avant la désodorisation afin qu'aucun traitement ultérieur ne risque d'altérer l'huile produite.

COMPOSITION ET CARACTÉRISTIQUES

La composition de l'huile de coton en acides gras varie d'une région à l'autre et d'une espèce ou variété à l'autre et est influencée par les conditions de conservation et le procédé d'extraction retenu.

Il semble donc difficile de donner avec précision la composition d'une huile de coton, aussi prendrons-nous comme base une analyse faite au Laboratoire de Chimie de l'I.R.C.T. à Montpellier (France) à partir d'huile extraite de graines provenant de Maroua (Cameroun) en 1977 et titrant 25 % d'huile (tableau XXVI) par rapport aux graines délintées.

Les huiles de coton, de maïs et de soja ont une teneur élevée en acide linoléique. Elles sont assez peu stables au stockage et rancissent facilement. Notons cependant que l'huile de coton

s'altère moins à la chaleur que les deux autres. Elle est particulièrement appréciée des nutritionnistes qui estiment que cet acide gras di-insaturé permet de lutter contre l'hypercholestérolémie et ses conséquences chez l'homme. Elle est en outre, indispensable chez l'enfant. Enfin, l'acide gras linoléique tri-insaturé, qui n'est pas recommandable dans l'alimentation, n'est présent que dans les huiles de maïs et de soja.

TABLEAU XXVI

Composition (%) en acides gras totaux d'huile de coton (Cameroun) et d'autres huiles végétales courantes d'origines diverses

ACIDES GRAS	COTON (1978)	ARACHIDE	MAÏS	SOJA	PALME
<i>Saturés</i>					
C 12-0 : Laurique.....	—	—	traces	—	—
C 14-0 : Myristique.....	0,7	—	1	—	1 à 4
C 16-0 : Palmitique.....	27,95	6 à 8	10 à 16	6 à 12	38 à 43
C 18-0 : Stearique.....	2,12	3 à 5	1,5 à 2,7	2,3 à 4,5	1 à 6
C 20-0 : Arachidique.....	traces	0 à 2	traces	0,7 à 1	—
C 22-0 : Béhémique.....	—	5 à 7	traces	0 à 1	—
TOTAL.....	30,77	18±4	15±3	13±4,5	46±6,5
<i>Mono-insaturés</i>					
C 16-1 : Palmitoléique.....	0,08	—	traces	—	—
C 18-1 : Oléique.....	16,62	55 à 70	27 à 43	21 à 34	40 à 50
TOTAL.....	16,70				
<i>Diinsaturé</i>					
C 18-2 : Linoléique.....	52,52	14 à 28	42 à 60	49 à 59	8 à 11
<i>Triinsaturé</i>					
C 18-3 : Linoléique.....	traces	—	0,1 à 1,9	2 à 8,5	—

En conclusion, l'huile de coton convient très bien aux usages traditionnels de toutes les huiles de table. Elle est largement utilisée dans les Amériques et en Afrique. L'huile de coton peut servir à faire de très convenables mélanges avec des huiles pour salades en apportant à la préparation une teneur en acide linoléique élevée ; elle donne des émulsions très correctes.

L'**huile de coton glandless** présente de nombreux avantages sur l'huile de coton ordinaire :

— stabilité de couleur de l'huile brute permettant de la stocker au moins trois mois ;

— amélioration du rendement en raffinage d'au moins 3 % ;

— diminution du coût d'affinage et de blanchiment par la réduction des produits chimiques utilisés (soude caustique et adsorbants) ;

— plus claire, elle est utilisable dans toute une gamme de produits demandant une qualité supérieure.

Ont été indiqués en Annexes 13 et 14 les mouvements commerciaux des huiles de coton.

CHAPITRE XVI

SOUS-PRODUITS DE LA GRAINE

Toutes les composantes de la graine sont utilisables à des usages variés. Le plus important est l'huile et subsidiairement les tourteaux et la farine ; le duvet et la coque de la graine ne sont cependant pas à négliger bien qu'ils aient une moindre importance sur le plan économique.

LE DUVET

Il est constitué par l'ensemble des poils de quelques millimètres de longueur qui recouvrent la graine de certaines espèces ou variétés. L'importance de ce duvet est très variable car il ne recouvre très souvent que très partiellement la graine. Ainsi en Inde, une étude assez récente (1976) fait-elle ressortir que les graines de *G. arboreum* ont de 3,5 à 11,5 % de linter suivant les cultivars, *G. herbaceum* de 2,2 à 7,8 % et *G. hirsutum* de 3,1 à 15,5 %. Le *G. barbadense* ne présente qu'un duvet très localisé et en quantité très faible. Ces proportions sont influencées par les conditions de culture dans des marges, semble-t-il, similaires à celles de la fibre (2 à 3 %).

Il existe des duvets de couleurs différentes : blanc, gris, vert et roux.

DÉLINTAGE.

C'est l'opération consistant à arracher de la graine les poils qui ont persisté après l'égrenage. Elle s'effectue par l'utilisation d'une délinteuse, machine ayant des principes généraux de fonctionnement similaires à ceux d'une égreneuse.

La délinteuse est composée d'un alimenteur à tambour qui

distribue les graines dans la poitrinière d'une manière régulière et ajustable suivant le régime choisi. Il se forme un rouleau qui subit un mouvement de rotation sous l'action d'un arbre à ailettes. Sa vitesse de rotation est plus lente que celle des scies avec lesquelles les graines sont en contact. Les délinteuses sont équipées d'un arbre de 141 ou 176 scies tournant de 450 à 700 tours minute suivant la qualité de duvet désirée. Les poils adhérant aux scies sont détachés par des brosses fixées sur un tambour tournant en sens inverse et à vitesse double. Le délintage est suivi du passage du linter dans un conducteur dont les perforations sont adaptées à la grandeur des poils. Il permet d'éliminer les poussières et les dernières impuretés et de récupérer le duvet sous la forme d'une nappe continue de fibres. La mise en balle est exécutée ensuite dans des conditions identiques à celles de la fibre. Le délintage permet d'enlever une partie importante de débris végétaux et de graines avortées ou cassées qui n'avait pas été éliminée par l'égrenage.

Généralement, on procède à un premier délintage ; le linter obtenu est dit de « première coupe » ou « classe de fabrication » et il est utilisé pour la manufacture des produits de valeur supérieure. Le second délintage est destiné à enlever en principe le reste des poils sur la graine ; il est parfois nécessaire de procéder à un troisième ou quatrième délintage. Les linters obtenus sont de moins bonne qualité que ceux de première coupe (longueur et couleur).

Nous devons noter que le délintage n'est pas une opération systématiquement exécutée ; il faut que son coût soit compensé par la vente du linter.

CLASSEMENT.

Aux U.S.A. il existe sept grades de linter, chacun déterminé par la longueur des poils, la couleur et le lustre du duvet, ainsi que sa propreté. Ce classement va du grade 1 au grade 7 de la meilleure à la moins bonne qualité. Le linter non classable dans l'un de ces grades est qualifié « grade chimique ».

USAGES.

La totalité du duvet de première coupe et une partie de la seconde coupe sont utilisées seules ou en mélange ; environ la moitié des linters produits dans le monde sont classés dans cette catégorie. Ce sont les « felting linters » des U.S.A., gros producteurs mondiaux de cette matière.

Le linter de cette catégorie est utilisé pour la confection,

dans les meilleurs grades, de tissus grossiers, pansements, mèches, couvertures, feutres, etc.

Les moins bons grades servent généralement à la fabrication de matelas, de rembourrages divers (automobiles, matelasserie, coussins, harnais), d'ouate, de feutres ordinaires et autres usages impossibles à nommer tous ; on peut associer ces poils à d'autres textiles et aux matières plastiques les plus diverses.

Le duvet de « grade chimique » est utilisé comme source de matière première par l'industrie chimique. Il sert en particulier à la fabrication de tous les produits à base de cellulose : plastiques divers, film, fil de cellulose, rayonne, acétate et nitrocellulose (explosifs). Les éthers de cellulose, carboxyméthyl, méthyl et éthylcellulose, sont utilisés pour la fabrication de détergents synthétiques, d'agents épaississants utilisés en papeterie et dans l'industrie textile.

La caractéristique importante de ce duvet est de posséder une teneur élevée en alpha-cellulose et de ne contenir ni pentosanes ni lignines.

LA COQUE

C'est l'enveloppe brunâtre, dure et très lignifiée protégeant l'amande. La coque représente environ 40 à 45 % en poids de la graine ; elle est composée de :

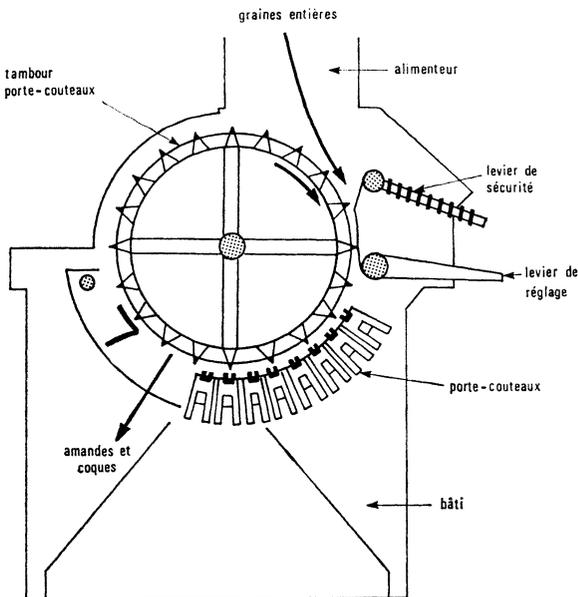


FIG. 76. — Décortiqueur de graines de coton (schéma)

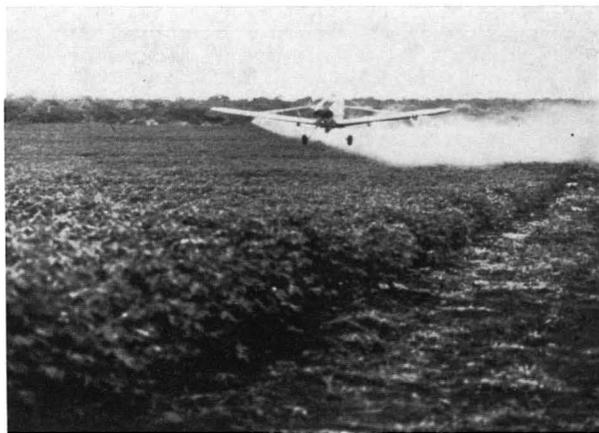
— protéines.....	2,5 à 3 %
— matières grasses.....	0,5 à 1 %
— pentosanes.....	19 à 35 %
— lignine.....	15 à 25 %
— alpha-cellulose.....	40 à 50 %
— cendres.....	2,5 à 3 %

C'est donc un produit pauvre en protéines et en matières grasses, riche en lignine et en alpha-cellulose. Il convient donc de l'éliminer si l'on veut obtenir un tourteau de valeur alimentaire élevée. D'autre part, la coque est susceptible de transmettre à l'huile une coloration difficile à faire disparaître.

Avant l'extraction de l'huile, à l'aide d'un décortiqueur (fig. 76), on brise l'enveloppe ligneuse ce qui libère l'amande ; avec un séparateur, on récupère séparément les débris d'enveloppe et les amandes, celles-ci étant dirigées vers l'extraction.

La coque, qui représente des tonnages considérables, chaque année, est un produit agricole dont les utilisations sont relativement restreintes.

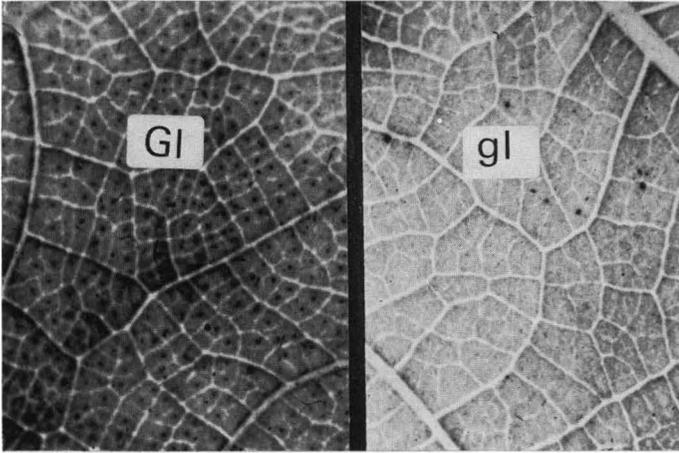
PH. 60. — Traitement par avion
(CIBA-GEIGY).



PH. 61. — Traitement par
hélicoptère.

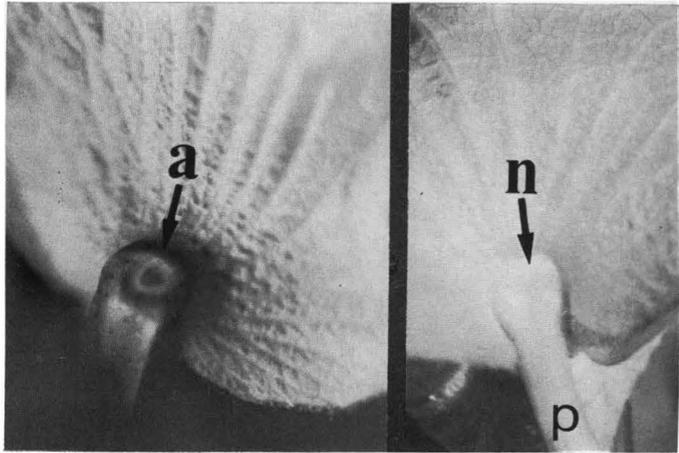
PH. 62. — Cotonnier « cluster » (J. LE GALL)





PH. 63. — En (Gl), plantes à glandes à gossypol visibles dans le parenchyme foliaire, en (gl) cotonnier « glandless ».

PH. 64. — Vue en (a) sur le nectaire situé à la base des bractées et au sommet (p) du pédoncule floral ; en (n) cotonnier « nectariless ».



PH. 65. — Autofécondation d'une fleur par bague posée au sommet de la corolle avant épanouissement ; on marque en même temps le pédoncule floral.

CHAPITRE XVII

TOURTEAUX

Suivant le procédé utilisé pour l'extraction de l'huile on obtient des types de tourteaux différents. Avec les presses hydrauliques ou les presses à vis, le tourteau est le plus souvent concassé et sa teneur en huile est assez élevée (4 à 8 %). Dans le cas du prépressage suivi d'une extraction au solvant ou de l'extraction directe au solvant, il est de consistance poussiéreuse et est transformé en granulés pour la commercialisation. Sa teneur en matière grasse est faible (1 à 2 %). Il arrive souvent qu'avant de procéder à la granulation on incorpore au tourteau 1 à 4 % des savons acidifiés récupérés lors du raffinage de l'huile afin de faciliter cette opération.

COMPOSITION

Le tableau XXVII indique les limites de variation de la composition des tourteaux obtenus par les trois méthodes les plus utilisées : presse à vis, pression préalable et extraction directe par solvant.

Cette composition peut varier suivant :

— la graine (lieu de production ; pourcentage en coques et linters) ;

— la température de cuisson (influence sur la teneur en gossypol libre) :

— la puissance de la pression (écrasement des glandes à pigments) ;

— la proportion des sous-produits ajoutés aux tourteaux (coques, résidus de raffinage).

TABLEAU XXVII

Composition des tourteaux de graines de coton suivant leurs origines

CONSTITUANTS	UNITÉS d'analyse	MODE D'EXTRACTION DE L'HUILE		
		Presse à vis	Pression préalable + solvant	Solvant seul
Matière sèche.....	%	90-98	91-94	90-93
Sucres.....	%	4-7	4-7	4-7
Fibre.....	%	10-14	10-14	10-14
Extrait éthéré.....	%	3,5-5,7	0,3-2,5	1,5-2,6
Protéines (N×6,25).....	%	41	41	41
Énergie potentielle.....	Kcal/kg	4 600	4 200	4 300
Énergie métabolisable.....	Kcal/kg	—	1 600-2 000	1 600-2 000
Gossypol libre.....	%	0,01-0,05	0,01-0,07	0,1-0,5
Gossypol total.....	%	0,5-1,3	0,6-1,3	0,6-1,3
Solubilité des protéines.....	%	35-68	50-80	70-85
Cendres.....	%	6,0-6,5	6,0-6,5	6,0-6,5
Calcium.....	%	0,15-0,18	0,15-0,18	0,15-0,18
Fer.....	%	0,01-0,05	0,01-0,05	0,01-0,05
Magnésium.....	%	0,54-0,58	0,54-0,58	0,54-0,58
Phosphore.....	%	1,1-1,3	1,1-1,3	1,1-1,3
Potassium.....	%	1,2-1,5	1,2-1,5	1,2-1,5
Sodium.....	%	0,03-0,05	0,03-0,05	0,03-0,05
Cobalt.....	mg/kg	0,1-0,2	0,1-0,2	0,1-0,2
Cuivre.....	mg/kg..	17-22	17-22	17-22
Manganèse.....	mg/kg	20-23	20-23	20-23
<i>Vitamines</i>				
Choline.....	mg/kg	2 780	2 860	2 860
Acide folique.....	mg/kg	0,9-3,7	0,9-3,7	0,9-3,7
Niacine.....	mg/kg	33-46	33-46	33-46
Acide pantothénique.....	mg/kg	10-18	10-18	10-18
Riboflavine.....	mg/kg	4-6	4-6	4-6
Thiamine.....	mg/kg	5-8	5-8	5-8
<i>Acides aminés</i>				
Arginine.....	%	4-4,5	4-4,5	4-4,5
Cystine.....	%	0,8-0,9	0,8-0,9	0,8-0,9
Glycine.....	%	2-2,1	2-2,1	2-2,1
Histidine.....	%	1,1	1,1	1,1
Isoleucine.....	%	1,5-1,7	1,5-1,7	1,5-1,7
Leucine.....	%	2,4-2,6	2,4-2,6	2,4-2,6
Lysine totale.....	%	1,6-1,8	1,6-1,8	1,6-1,8
Lysine utilisable.....	%	1,2-1,5	1,4-1,7	1,5-1,7
Méthionine.....	%	0,6-0,7	0,6-0,7	0,6-0,7
Phénylalanine.....	%	2,2-2,5	2,2-2,5	2,2-2,5
Thréonine.....	%	1,4-1,5	1,4-1,5	1,4-1,5
Tryptophane.....	%	0,6-0,7	0,6-0,7	0,6-0,7
Valine.....	%	2,0-2,1	2,0-2,1	2,0-2,1

Source : Shelps R.A., 1966.

La richesse moyenne en protéines d'un tourteau de coton est de 41 %. Ces protéines sont riches en acides aminés essentiels (tableau XXVIII).

TABLEAU XXVIII

Pourcentage des protéines principales de divers tourteaux

ACIDES AMINÉS PRINCIPAUX	COTON	SOJA	ARACHIDE
Arginine.....	11,2	7,-	11,-
Cystine.....	2,-	1,2	1,4
Histidine.....	2,7	2,8	2,4
Isoleucine.....	3,9	4,7	3,6
Leucine.....	6,1	7,9	6,5
Lysine.....	4,-	6,3	3,5
Méthionine.....	1,5	1,3	1,1
Phénylalanine.....	5,2	5,3	5,5
Threonine.....	3,4	3,9	3,-
Tryptophane.....	1,4	1,3	0,9
Tyrosine.....	3,2	3,8	4,5
Valine.....	4,9	5,-	4,3
Protéines totales.....	40 à 45	44 à 50	44 à 50

Source : Sediac, UNIDO, 1978.

Bien que les tourteaux de coton aient une teneur en lysine plus faible que ceux de soja, ils ont de très bonnes qualités nutritionnelles. S'ils ont été obtenus en partant de graines de mauvaise qualité ou si la conservation de celles-ci a été mal assurée, on peut y déceler de l'aflatoxine. Ils contiennent du gossypol, pigment toxique pour l'homme et les animaux monogastriques.

UTILISATION

La principale utilisation des tourteaux ordinaires de coton est, de très longue date, l'alimentation du bétail. Ils occupent une place de choix en raison de leur grande richesse en protéines. Toutefois il est apparu très rapidement à l'usage que les tourteaux de coton ne convenaient pas à tous les groupes d'animaux en raison, en particulier, de la présence du gossypol. Les ruminants paraissent s'adapter assez bien à cette forme d'alimentation et ne semblent pas souffrir de la présence du gossypol quand il est

absorbé à dose modérée. Les granulés de tourteaux sont utilisés couramment aux U.S.A. dans les rations alimentaires destinées aux ruminants ; les tourteaux riches en coques, donc en cellulose, sont bien acceptés.

Pour les non ruminants, on a constaté depuis longtemps (1925) de nombreux accidents dans l'élevage des poulets et une dépréciation de la qualité des œufs produits. Ceux-ci possédaient un blanc de couleur rose ou rouge, due à l'action des acides gras cyclopropéniques (malvalique, sterculique), et le jaune devenait brun par l'interaction du fer qu'il contient avec le gossypol. De nombreux désordres organiques dus à la présence combinée de ces acides gras et du gossypol ont été relevés : maturité sexuelle retardée des poules, croissance réduite chez le porc, nombreux avortements chez diverses espèces, etc. L'emploi de tourteaux trop riches en coques diminue la valeur alimentaire de la ration, la digestion est plus laborieuse et l'assimilation des éléments actifs de la ration est gênée. Enfin, le transit cellulósique à travers le tube digestif provoque un gaspillage de protides qui affaiblit le rendement nutritif du tourteau.

Les tourteaux, quand ils ne trouvent pas de débouchés sur les lieux de production et que leur exportation est économiquement difficile en raison des coûts du frêt, peuvent être utilisés comme engrais. Cet emploi est devenu très rare. Une tonne de tourteaux (6,6 % N - 1,5 % P_2O_5 - 2 % K_2O) apporte les mêmes éléments qu'une fumure minérale composée de 300 kilos de sulfate d'ammoniaque, 40 kilos de phosphate tricalcique et 35 kilos de chlorure de potassium.

COMMERCE

Les réserves que nous avons faites au sujet de la précision des statistiques sur le commerce des graines sont également valables pour les tourteaux. Il est cependant intéressant de connaître l'ampleur de leurs marchés (Annexes 15 et 16).

Les États-Unis d'Amérique produisent environ 1,6 à 2 millions de tonnes annuellement ; l'intégralité est consommée sur place et il est même procédé à des importations de tonnages annuellement très variables suivant la production cotonnière. Le tourteau de coton intervient pour 10 % des marchés des aliments pour les non ruminants (le plus important) et pour 35 % dans celui des ruminants.

Les deux plus grands exportateurs mondiaux en 1977, l'Inde et l'Argentine, fournissent 30 % du marché mondial, représenté par un marché total de 904.000 tonnes (Annexe 16).

En ce qui concerne les importations mondiales en 1977 elles représentent un total de 815 000 tonnes (Annexe 15). Ce sont les pays européens qui sont les plus grands clients ; parmi eux le Danemark achète à lui seul 460 000 t, soit plus de 50 % des disponibilités mondiales en tourteaux, qu'il utilise dans ses usines de transformation.

Ce commerce des tourteaux de coton n'est donc pas négligeable à l'échelle mondiale mais il est fortement concurrencé par celui du soja, beaucoup plus important et mieux structuré. En 1975 on a pu estimer qu'il représentait environ 9 % des exportations mondiales alors que le soja occupait la première place (tableau XXIX) avec près de 70 %.

TABLEAU XXIX

Exportations de différents tourteaux en 1975

NATURE	EN MILLIERS de tonnes	EN POURCENT
Soja.....	8 750	68,8
Arachide.....	1 160	9,1
Coton.....	1 110	8,8
Coprah.....	700	5,5
Tournesol.....	360	2,8
Colza.....	270	2,1
Palmiste.....	375	2,9

CHAPITRE XVIII

FARINE DE COTON ET ALIMENTATION HUMAINE

DEGOSSYPOLISATION

La bonne qualité des protéines de la graine de coton ferait de sa farine une source alimentaire du plus grand intérêt. Actuellement pourtant, son utilisation directe par l'homme est extrêmement faible. Cette situation est d'autant plus regrettable que les populations qui produisent le coton sont souvent sous-alimentées. Le principal frein à un tel emploi est la présence de gossypol, pigment toxique pour l'homme et les animaux monogastriques.

Depuis de nombreuses années, on a donc cherché à éliminer ou à neutraliser le gossypol pour élargir le champ d'utilisation de la farine de coton. Il y a 50 ans, à Shulenburg, Texas (U.S.A.) a été signalée la première tentative, mais elle n'eut pas de succès. Dix ans plus tard, toujours au Texas, fut lancée une farine semblable sous le nom de « Nutty Brown Flour ». Elle fut surtout utilisée en panification. Plus tard, au Texas encore, fut commercialisée une farine de coton appelée « Pro Flo », mais la production en est restée très limitée. En dehors des U.S.A., on peut signaler des tentatives de production en Inde (Hyderabad et Punjab), au Pérou et en Italie. Les farines étaient rendues alimentaires par voie chimique et thermique. La méthode chimique vise soit à inactiver le gossypol avec des agents chimiques, soit à l'extraire du tourteau avec des solvants ou des mélanges appropriés. Comme matière première on utilisait soit des farines provenant d'usines à pré-pression et solvant, soit obtenues par solvant spécial (Vaccarino, Italie). La commercialisation d'une farine alimentaire qui contenait jusqu'à 38 % de farine de coton fut réalisée sur une assez grande échelle en Amérique Centrale, sous le nom d'« Incaparina », mais toutes ces tentatives restèrent limitées.

Dans un passé proche ce sont surtout les voies génétique

(variétés sans glandes) et physique qui ont fait l'objet de travaux importants.

LA VOIE PHYSIQUE.

La connaissance de l'histologie de la graine a montré que le gossypol n'était pas diffus dans la graine, mais contenu dans des glandes dont le diamètre varie de 50 à 400 μ (en moyenne de 80 à 120 μ). Ces glandes ont une structure réticulaire qui retient les globules de gossypol dont le diamètre est inférieur à 1 μ . L'idée de départ a donc été d'extraire entières ces glandes à pigments. Il a été démontré que, sous certaines conditions, les glandes à gossypol résistent à la friction et à l'abrasion et que leur densité, leur forme et leur taille sont différentes des autres constituants de la graine. La connaissance de ces données a amené à rechercher des procédés physiques permettant d'éliminer ces sacs à pigments.

Le CENTRE DE RECHERCHES DE LA NOUVELLE ORLÉANS (U.S.A.) a travaillé dans deux directions : classification par air et séparation dans le solvant. Après des tentatives de flottaison, le centre a mis au point le procédé « Liquid Cyclone ». Les amandes sont broyées au moulin sans détériorer les glandes, et la farine est mélangée à l'hexane par extraction de l'huile. Les glandes intactes, accompagnées de fragments de parois cellulaires et d'amas cellulaires sont séparées des particules protéiniques par centrifugation différentielle dans le solvant (cyclone). On obtient avec ce procédé deux farines, l'une où sont concentrées les glandes avec une forte teneur en gossypol, l'autre à très faible teneur en gossypol connue sous le nom de **farine L C P**. Cette farine contient moins de 0,045 % de gossypol libre, moins de 1 % de lipides et moins de 50 ppm de solvant. Sa teneur en protéine varie de 66 à 69 %. Dès 1972 la « FOOD AND DRUG ADMINISTRATION » a autorisé son utilisation en alimentation humaine. Après la construction d'unités pilotes, une usine de grande capacité a été construite ; mais des problèmes techniques n'ont pas permis jusqu'à maintenant à ce procédé de connaître une grande extension. La classification par air (ou turboséparation) reste à l'étude et d'importants progrès ont été réalisés récemment, mais le rendement reste faible et aucune réalisation industrielle n'a été signalée.

LES COTONNIERS « GLANDLESS » (photo 85)

La voie génétique permettant la culture de cotonniers dont les graines ne possèdent pas de glandes à gossypol est très certainement la voie la plus rationnelle. Elle élimine totalement les problèmes

associés à la présence du gossypol et permet d'éviter d'endommager les protéines par des traitements industriels destinés à le neutraliser.

Elle a été étudiée depuis de nombreuses années et, comme il a été indiqué au chapitre « Amélioration variétale », les variétés « glandless » existent et peuvent avoir des rendements comparables à ceux des variétés courantes.

Malgré cela leur usage ne s'est pas répandu. Seuls les U.S.A. ont une véritable production commerciale, mais très modeste (un maximum de 25 000 hectares) et qui ne s'accroît pas. Ailleurs, on signale de nombreuses tentatives, notamment en Afrique francophone, mais aucune production à échelle industrielle n'a encore été réalisée.

Les causes du faible développement de variétés « glandless » et du peu d'utilisation des farines dont le gossypol a été enlevé ou neutralisé par un moyen ou un autre sont diverses et complexes. Un point fondamental est d'ordre économique. La plupart des travaux ayant débutés aux U.S.A., il eut été nécessaire pour pousser au développement, qu'il y ait dans ce pays une forte pression de la demande en farine de coton sans gossypol ; ce n'est pas le cas. La farine de soja, familière au consommateur, est abondamment produite dans le pays. De plus, le tourteau de coton courant a un marché bien établi, comme il a été indiqué précédemment ; mais cette situation n'est pas celle de nombreuses régions du monde, souvent importatrices de soja, et où le besoin en protéines pour l'alimentation humaine est considérable.

Il est donc tout à fait raisonnable de continuer les efforts dans les pays du tiers monde pour développer l'utilisation des variétés sans glandes et d'une farine de coton rendue consommable pour l'homme. Les difficultés sont grandes mais ne devraient pas être insurmontables, notamment dans le cas de l'utilisation de variétés « glandless ». On objecte souvent, et à juste titre, la plus grande sensibilité de ce type de plantes à certains ravageurs. C'est un fait et l'on sait qu'elles demandent une protection phytosanitaire plus poussée que les cotonniers classiques. Les essais réalisés en Afrique francophone et qui ont porté sur plusieurs centaines d'hectares ont montré que le problème était soluble, au prix d'une légère augmentation du coût de production. On peut penser que celle-ci serait largement compensée par l'avantage tiré de l'extension du marché.

UTILISATION - TRANSFORMATION

LA FARINE.

Les farines de coton correctement deshuilées et dégossypolisées ont de nombreux usages en alimentations animale et humaine.

Naturellement les farines glandless sont les mieux adaptées à l'alimentation humaine puisque, dépourvues de gossypol, elles n'ont plus aucune toxicité et leur fabrication en est facilitée.

Ces farines sont souvent mélangées à d'autres farines pauvres en protéines. En Amérique on les utilise avec le blé pour la fabrication du pain et de nombreux gâteaux. On peut également les employer pour augmenter les protéines des *tortillas* et des *cookies*. Elles peuvent être texturisées par extrusion et entrer dans de nombreuses applications en remplacement de la farine de soja.

Le sorgho, qui vient au troisième rang des ressources mondiales en céréales après le riz et le blé, contient des protéines de valeur nutritionnelle très faible en raison de sa basse teneur en lysine. Enrichi avec de la farine de coton on a enregistré une augmentation satisfaisante de la valeur alimentaire du mélange.

Une étude d'aliments riches en protéines a été réalisée, il y a déjà un certain nombre d'années, par l'O.R.A.N.A.* et le Service de Pédiatrie de l'hôpital Le Dantec à Dakar. Conduite sur des nourrissons elle a permis de conclure que la farine de coton constitue un aliment hyperprotéiné comparable aux produits commerciaux actuels. En particulier l'association farine de mil-farine de coton, complétée par 10 % de lait en poudre, permet d'obtenir un produit de très faible prix de revient, de bonne acceptabilité, de bonne teneur en protéine, utilisable tant pour la thérapeutique du kwashiorkor que pour le sevrage courant.

Une expérience nutritionnelle a été effectuée en 1970 par le Ministère de la Santé Publique du Mali sur des enfants de deux villages. L'étude a porté sur l'utilisation alimentaire d'un mélange de farine de mil (80 %) et de farine de coton sans gossypol (20 %). La farine de coton s'est révélée un produit de haute valeur nutritive dont l'emploi alimentaire devrait être vivement recommandé.

Une étude sur l'utilisation en alimentation humaine de la graine de coton sans gossypol et de ses dérivés a été effectuée en 1974-1975 par des nutritionnistes de l'O.R.S.T.O.M.** à la demande des Autorités du Tchad. Elle a fait ressortir l'intérêt qu'ont pris les différentes ethnies du Tchad à l'introduction de la farine de coton sans gossypol dans leur cuisine traditionnelle et, tout particulièrement, dans les sauces qui constituent en Afrique Noire un aliment de base.

Également au Tchad un projet de fabrication d'une farine hyperprotéique destinée aux enfants en croissance a été élaboré

* Organisme de recherches sur l'alimentation et la nutrition africaines.

** Office de la recherche scientifique et technique outre-mer.

à l'initiative du gouvernement. L'aliment composé sera à base de farine de mil et de 30 % de farine de coton sans gossypol.

L'intérêt présenté par les graines de coton sans gossypol dans les pays d'Afrique Noire pour l'alimentation animale, mais surtout pour l'alimentation humaine, est largement démontré par les études déjà réalisées. La fabrication de farine ou d'aliments composés est actuellement retardée uniquement par l'absence d'une infrastructure industrielle bien adaptée.

LES PRODUITS PLUS ÉLABORÉS NON STRUCTURÉS.

Il existe deux catégories de protéines dans la graine de coton : les **protéines de réserve** et les **protéines fonctionnelles**. Les premières sont contenues dans des poches membraneuses et constituent des unités individuelles de réserve. Les secondes sont diffuses dans le cytoplasme et sont utilisées pour le fonctionnement de la cellule. Les protéines de réserve représentent 50 à 60 % de l'azote total de la graine alors que les protéines fonctionnelles n'en représentent que 25 à 30 %.

Ces deux catégories de protéines sont très différentes, tant par leur composition chimique que par leurs usages. Les protéines de réserve ont un poids moléculaire élevé, sont insolubles dans l'eau mais solubles en milieu acide. Les protéines fonctionnelles ont un poids moléculaire plus faible et sont solubles dans l'eau. Cette différence de solubilité permet de les séparer lors de la préparation de produits enrichis en protéines.

Les concentrats.

Ils ont une teneur minimum en protéines de 65 à 70 % et peuvent être obtenus à partir de farines déshuilées par voie sèche ou par voie humide. La séparation par courant d'air (turboséparation) a permis aux U.S.A. d'obtenir des concentrats ayant une teneur en protéines de 70 % en éliminant les membranes, les parois cellulaires et autres particules. Par voie humide, on cherche essentiellement à éliminer les sucres solubles. Trois procédés sont utilisés. Le premier consiste à suspendre la farine dans une solution d'acide phosphorique à pH 4 ; les sucres, les acides aminés libres et les protéines solubles sont entraînés dans la solution ; les protéines insolubles à ce pH précipitent, sont lavées et séchées. Le second utilise l'eau et le chlorure de calcium dilué ; la solution entraîne les protéines fonctionnelles solubles dans l'eau, les sucres et les acides aminés libres ; le concentrat est constitué alors essentiellement des protéines de réserve. Le troisième consiste à laver les farines dans une solution éthanolique ; les sucres solubles, les acides aminés

et divers composants sont solubilisés alors que les protéines insolubles fournissent le concentrat qui contient les deux types de protéines.

TABLEAU XXX

Compositions en pourcent des concentrats de protéines de coton suivant le procédé d'extraction

COMPOSITION	PROCÉDÉ D'EXTRACTION			
	Voie sèche	Voie humide		
		Ethanol	CaCl ₂	PO ₄ H ₃
Teneur en protéines (N × 6,25).....	73,7	71,9	75,9	69,5
Teneur en huile.....	0,7	0,1	2,6	1,4
Cendres.....	9,4	8,7	8,5	9,5
Cellulose.....	1,7	2,7	3,7	2,8
Sucres.....	4,7	2,1	0,3	—
Rend. % du poids total.....	56	84	60	—
Rend. % de l'azote total.....	63	93	77	—

La composition de ces concentrats varie donc suivant le procédé utilisé (tableau XXX).

Les isolats.

Ils constituent la forme la plus purifiée des protéines végétales et ont une teneur en protéines minimum de 90 %. Le procédé consiste, non à éliminer les matières non protéiniques comme pour l'obtention des concentrats, mais au contraire à solubiliser tout d'abord les protéines pour les purifier par la suite. En partant de flocons déshuilés, trois procédés peuvent être employés. Dans le **procédé classique**, on traite à la soude diluée pour dissoudre le maximum d'azote. Le résidu insoluble (sucres et quelques protéines) est séparé par centrifugation. La partie liquide est acidifiée à pH 5 pour précipiter les protéines (fonctionnelles et de réserve). Le procédé par **précipitation sélective** permet d'obtenir deux isolats différents. On attaque à la soude diluée comme dans le procédé classique mais l'acidification est faite à pH 7, ce qui ne précipite que les protéines de réserve. Le surnageant est alors acidifié à pH 4, ce qui précipite les protéines fonctionnelles. Le troisième procédé, dit d'**extraction sélective**, commence par une suspension de la farine dans l'eau. La partie liquide contenant les

protéines fonctionnelles est acidifiée à pH 4 pour les précipiter. La partie solide qui contient les protéines de réserve est soumise à l'action d'une solution alcaline diluée pour les solubiliser. Le surnageant est acidifié à pH 7, ce qui précipite ces protéines de réserve.

Signalons aussi qu'au Texas on a travaillé sur un procédé permettant tout à la fois d'extraire l'huile et d'obtenir des concentrats et des isolats. Le matériel de départ est alors l'amande huileuse et non la farine délipidée.

TABLEAU XXXI

Composition et rendement de divers isolats «glandless»

	Composition %				Rendement %	
	Protéine	Huile	Fibre	Cendres	Poids	Azote
Farine de coton glandless.....	59,6	1,6	2,9	7,2		
Isolat classique.....	92,5	0,8	0,7	3,8	45	73
Isolat de protéines fonctionnelles..	76,2	5,2	0,0	5,0	13	17
Isolat de protéines de réserve.....	99,4	0,4	0,2	4,0	29	47

TABLEAU XXXII

Teneurs en acides aminés exprimées en mg par g de protéines

Acides aminés	Farine de soja	Farine de coton glandless	Isolats de coton			
			Protéines fonctionnelles		Protéines de réserve	
			Précipitations sélectives	Extractions sélectives	Précipitations sélectives	Extractions sélectives
Isoleucine.....	47	30	42	37	35	35
Leucine.....	79	57	81	68	64	66
Lysine.....	62	42	57	66	33	31
Méthionine et Cystine..	24	26	33	39	19	18
Phénylalanine et Tyrosine.....	90	84	93	82	98	98
Thréonine.....	39	30	43	35	29	28
Tryptophane.....	13	13	16	16	11	11
Valine.....	51	44	58	49	51	52
Efficacité protéique (coefficient).....	2,19	2,42	3,05	3,02	1,50	1,33

Suivant le procédé utilisé, on obtient donc des isolats de composition différente soit contenant en mélange les deux types de protéine (procédé classique) soit constitués par les protéines de réserve ou les protéines fonctionnelles.

Les tableaux XXXI et XXXII donnent une idée de la composition de ces isolats. Des essais sur animaux ont montré l'excellente valeur nutritionnelle des isolats de protéines fonctionnelles, supérieure à celle de la caséine, pouvant donc fournir un très bon supplément de protéine dans la ration. De leur côté, les isolats de protéines de réserve ont des caractéristiques intéressantes. Leur remarquable solubilité en milieu acide les rend particulièrement aptes à renforcer en protéine certains jus de fruits. Leur capacité moussante et leur stabilité en milieu acide leur offre aussi des applications en pâtisserie.

PRODUITS ÉLABORÉS TEXTURISÉS.

Des études récentes ont montré que les isolats de protéines de réserve pouvaient donner par une technique simple (chauffage d'une solution dans l'eau à un pH déterminé) des produits structurés à consistance spongieuse. Ils peuvent être déshydratés afin de leur assurer une bonne stabilité, puis réhydratés afin de reprendre leur forme originale quand ils seront utilisés pour des usages alimentaires. Ils peuvent ainsi constituer des succédanés de viande.

LES AMANDES GRILLÉES.

Au Texas (U.S.A.), un procédé a été mis au point pour obtenir au décorticage des amandes entières qui sont ensuite grillées.

TABLEAU XXXIII

Compositions des amandes et d'une farine «glandless» (%)

COMPOSÉS	AMANDES brutes	AMANDES torréfiées	FARINE
Humidité.....	7	1,5	4,8
Protéines.....	36,2	38,1	59,6
Matières grasses.....	36,9	40	0,8
Cellulose.....	1,6	1,6	2,7
Cendres.....		4,2	7,4
Hydrate de carbone.....	6,3	6,7	13,9
Sucres :			
Saccharose.....	—	—	1,6
Raffinose.....	—	—	11,3
Stachyose.....	—	—	0,9

Le produit est connu sous le nom de « Tamunuts ». Elles sont soit consommées telles quelles, soit utilisées en pâtisserie, ou bien mélangées avec du riz ; elles peuvent aussi fournir un beurre, comme les arachides.

La composition des amandes brutes, des amandes grillées et farine obtenues en partant de graines « glandless » est donnée dans le tableau XXXIII.

CONCLUSIONS SUR LES UTILISATIONS EN ALIMENTATION HUMAINE DE LA FARINE DE COTON

Les usages d'une farine de coton sans gossypol sont donc très nombreux : bouillies, sauces, pâtisserie, panification, aliments pour enfants. L'obtention de produits plus élaborés, concentrats, isolats, produits texturisés, ne pose plus de problèmes techniques. La difficulté majeure est d'obtenir une farine d'une bonne qualité sanitaire permettant l'utilisation en alimentation humaine.

La farine de coton destinée à cet usage doit être produite à partir de graines de coton de première qualité, nettoyées, qui à l'analyse ne contiennent pas plus de 1 % de matières étrangères, 10 % d'eau et 1,8 % d'acides gras libres dans l'huile. Le pourcentage des amandes décolorées ne doit pas excéder 5 %.

Elle doit en outre, pour l'alimentation humaine, répondre à un certain nombre d'impératifs :

- un taux en aflatoxine inférieur à 30 ppm,
- une teneur en protéines de 50 % dont au moins 65 % de celles-ci soient solubles,
- un taux inférieur à 0,045 % en gossypol libre,
- au moins 3,6 % de lysine disponible,
- un maximum de 20 000 bactéries par gramme dont aucune variété pathogène (*Escherichia coli*, salmonelles, etc.),
- être soigneusement emballée.

Il est conseillé que les teneurs en sucres et en phosphore soient faibles, que la couleur soit claire, le goût agréable, et que la teneur en acides cyclopropéniques soit aussi basse que possible, sinon nulle.

Récemment, certains nutritionnistes ont soulevé le problème du danger présenté par la présence d'acides gras cyclopropéniques (que l'on soupçonne d'être cancérogènes) dans l'huile restant dans la farine, mais les seuils d'acceptabilité n'ont pas été définis.

CINQUIÈME PARTIE

**LA CULTURE COTONNIÈRE
DANS LE MONDE**

CHAPITRE XIX

PAYS GRANDS PRODUCTEURS

ÉTATS-UNIS D'AMÉRIQUE *

Ce pays peut être considéré comme un lieu d'élection du cotonnier puisque l'on y a rencontré de nombreuses espèces sauvages du genre *Gossypium* et que le berceau de celui qui est actuellement le plus cultivé dans le monde (*G. hirsutum*) est très proche de ses frontières. 500 ans avant Jésus-Christ on signale déjà que les indiens Zuni et Hopi du Sud-Ouest utilisent le coton lors de leurs cérémonies. Dès 1536, des cotonniers sont signalés au Texas et en Louisiane ; en 1607, on retrouve dans des écrits d'époque la trace des premières cultures cotonnières en Virginie par les colons. Celles-ci s'étendent progressivement et en 1784 la première cargaison de fibre américaine part de Charlestone (Caroline du Sud) pour Liverpool (R.U.). La culture serait restée vraisemblablement dans des limites modestes sans l'invention, en 1793, de l'égreneuse à coton de Whitney, qui fait passer l'égrenage de 450 g de fibre par jour et par personne à plus de 20 kg par machine et par heure.

Dès lors, plus aucun frein technique ne s'oppose à l'extension de la culture cotonnière et l'on assiste dès le début du XIX^e siècle et jusqu'en 1925 environ à une prédominance de plus en plus grande de celle-ci dans le nombreux états du « Cotton belt ». Elle est alors à son apogée avec 16 millions d'hectares qui ont produit 17 millions de balles de fibre, soit 60 % de la production cotonnière mondiale. Cette considérable extension s'accompagne de la création de nombreuses industries utilisant les produits issus du cotonnier. En 1801 est construite la première huilerie de

* Nous utilisons aussi U.S.A. qui les distingue des E.U. du Mexique et des E.U. du Brésil.

graines de cotonnier et en 1879 un nouveau procédé de raffinage rendant la consommation de l'huile plus agréable permet à cette industrie de prendre son plein essor. De 25 000 tonnes d'huile produite à cette époque les États-Unis passent à un maximum de 906 000 tonnes en 1963. Parallèlement la quantité de tourteaux produite s'élève jusqu'à 2,5 millions de tonnes dans les années 60. Quant à la farine de coton consommable par l'homme, elle est extraite pour la première fois en 1876 par Allison, mais elle ne prendra véritablement de l'importance qu'après les recherches

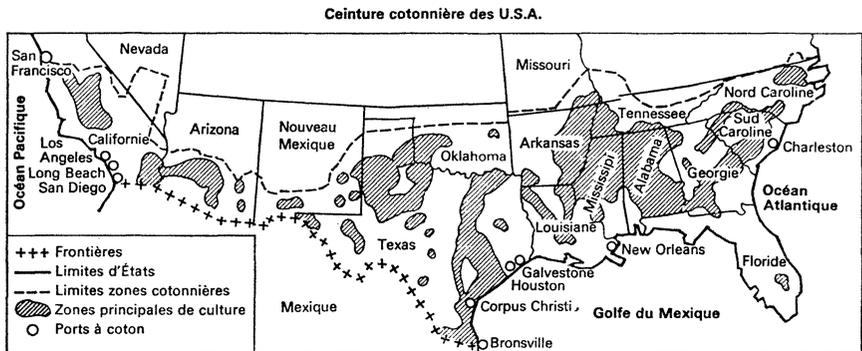


FIG 77. — Régions cotonnières des U.S.A.

sur la création de variétés cotonnières dépourvues de glandes à gossypol, en particulier par McMichael S.C. à partir des années 1950.

L'apparition des fibres artificielles et synthétiques se traduit par l'abandon de la culture cotonnière dans certaines régions du « cotton belt » et par sa diminution dans les autres. Les surfaces cotonnières se réduisent progressivement et la production des U.S.A. passe de 60 % du chiffre mondial en 1925 à 30,4 % en 1960, et à 21,9 % en 1979. Cette dernière diminution n'est cependant que relative ; elle traduit l'augmentation des productions de nombreux pays en développement, alors que les États-Unis maintiennent, à partir de 1966, leurs surfaces cotonnières et leurs productions avec les inévitables fluctuations annuelles. Le rendement en fibre par hectare est passé de 213 kg en 1936 à 350 kg actuellement grâce à une agriculture qui a su s'adapter aux exigences des conjonctures techniques et économiques. L'augmentation considérable des frais de production a conduit à l'abandon des zones cotonnières marginales, à généraliser la mécanisation intégrale de la culture — 98 % des récoltes sont faites à la récolteuse — et à favoriser le développement de l'irrigation.

Ce bref rappel de la culture cotonnière aux U.S.A. met en lumière la très grande influence que ce pays a sur la production et l'amélioration mondiales de cette fibre.

LES CULTURES COTONNIÈRES RÉGIONALES.

L'ensemble des États américains qui cultivent le cotonnier forme le « cotton belt » divisé en quatre régions (tableau XXXIV).

La diversité des techniques culturales liées aux climats et aux sols, les conditions économiques très différentes, ne nous permettront que de donner les grandes lignes des caractéristiques de chaque région.

Le Sud-Est.

C'est dans cette région que la culture a le plus fortement reculé depuis 1926 en raison des sols assez pauvres, de type sableux ou limono-argileux dans les plaines et argileux et lourd dans le piedmont. Le coton persiste dans les plaines côtières fertiles et le piedmont vallonné des Carolines, la Géorgie et le long des rivières Alabama et Tennessee. Les sols nécessitent tous un apport d'engrais. Le climat est assez humide, partiellement subtropical dans les États du Sud, plus doux dans les autres. Avec des précipitations de 1 000 à 1 250 mm, le coton est typiquement une culture pluviale mais les irrégularités climatiques rendent souvent une irrigation d'appoint très rentable.

Les exploitations cotonnières de petites surfaces (moins de 8 ha) sont de type intensif grâce à la mécanisation de toutes les opérations culturales. L'emploi des herbicides, insecticides et défoliants est généralisé.

La Vallée du Mississippi.

Le Delta est la région privilégiée de la culture cotonnière où l'on produit annuellement près du tiers de la fibre des États-Unis. La production est plus importante sur les sols alluviaux plats, légers, profonds et très fertiles de la vallée du Mississippi et de ses affluents, qu'en Louisiane et dans les États riverains.

Sa climatologie favorise la production cotonnière : la pluviométrie de 1 000 à 1 300 mm (1 270 dans l'État du Mississippi) est liée à un climat du type subtropical dans le Sud, un peu plus doux dans le Nord. Dans certaines régions, on pratique l'irrigation de complément pour pallier les déficits pluviométriques occasionnels.

Les exploitations cotonnières de 40 hectares environ ont une mécanisation poussée et l'emploi des engrais, herbicides et insec-

TABLEAU XXXIV
Production cotonnière des États-Unis

RÉGION - ÉTATS	SURFACE par 1.000 ha		PRODUCTION de fibre par 1.000 t.		RENDEMENT/ha en kg fibre	
	1965	1976	Moyenne 1959-1964	1976	Moyenne 1959-1964	1976
<i>Variétés Upland.</i>						
<i>Sud-Est :</i>						
Alabama.....	323	170	165,7	76	476	447
Caroline N.....	151	28,7	66,8	15,7	422	548
Caroline S.....	200	64,3	97,7	31,6	434	491
Floride.....	10	2,9	5,-	1,6	400	576
Georgie.....	240	97,1	119,-	43,3	448	446
Virginie.....	5	0,2	2	0,13	400	538
	929	363,2	456,2	168,33	441	463
<i>Vallée du Mississippi :</i>						
Arkansas.....	478	384,5	321,2	168,9	608	439
Illinois.....	1	0	0,75	0	—	—
Kentucky.....	2	0,5	1,25	0,15	—	—
Louisiane.....	198	226,6	119,7	120,4	562	531
Mississippi.....	578	594,9	111,8	250,6	642	421
Missouri.....	135	105,2	97,3	35,9	634	342
Tennessee.....	200	149,7	133,5	49,6	638	331
	1.592	1.461,7	785,5	625,55	595	428
<i>Sud-Ouest :</i>						
Oklahoma.....	224	135,6	77,8	38,1	311	281
Texas.....	2 210*	1 821,1	973,*	720,-	387	396
	2 434	1 956,7	1 050,8	758,1	380	387
<i>Ouest :</i>						
Arizona.....	136*	137,6	179,8	181,6	1 125,-	1 320
Californie.....	290*	453,3	397,2	540,4	1 197	1 193
Nevada.....	1	0,4	1,8	0,37	1 000	827
Nouveau-Mexique.....	70*	25,9	61,8*	15,2	782	586
	497	617,2	640,6	737,57	1 088	1 195
TOTAL.....	5 452	4 398,8	2 933,1	2 289,55	529	520,5
<i>Variétés Pima :</i>						
Arizona.....	—	12,1	—	10,9	—	901
Californie.....	—	0,04	—	0,02	—	717
Nouveau-Mexique.....	—	2,6	—	1,3	—	534
Texas.....	—	3,2	—	1,6	—	498
TOTAL.....		17,94		13,82		770
TOTAL U.S.A.....	5 452	4.416,7	2 933,1	2 303,37	529	522

* *G. hirsutum* et *barbadense* confondus.

ticides est généralisé. Les bons rendements obtenus expliquent que le Mississipi, en particulier, soit le seul État dont les surfaces aient progressé et la production plus que doublé dans la dernière décennie.

Le Sud-Ouest.

Cette région limitée à deux États représente la plus grande surface cotonnière et la plus forte production des États-Unis. Toutefois, en raison de sa faible pluviométrie, c'est aussi la région où se rencontre le plus faible rendement de fibre à l'hectare.

Les précipitations sont assez importantes à l'est du Texas et sur la Côte (1 000 à 1 200 mm), où le coton est une culture marginale, mais elles deviennent de plus en plus rares en allant vers l'ouest (760 mm au maximum) pour atteindre moins de 300 mm à l'ouest du Texas. La culture est donc à la fois pluviale et irriguée et bien que l'arrosage des cotonniers se rencontre dans toute la région il n'est jamais généralisé.

Le cotonnier se cultive sur des sols plats ou vallonnés, de types très différents, à dominance sableuse. La fertilité est de bonne à faible, aussi l'utilisation des engrais est-elle liée aux possibilités de rendement.

Les exploitations ont généralement plus de 40 hectares et la mécanisation et l'emploi des défolians sont généralisés. Si toute la récolte est mécanique, 85 % de celle-ci sont exécutés au « cotton stripper », plus économique que le « cotton picker » et bien adapté aux cotonniers de développement végétatif réduit (faible pluviométrie).

L'Ouest ou Farwest.

Cette région arrive à égalité, en production cotonnière, avec la région Sud-Ouest, mais avec une surface plus de trois fois inférieure. Elle produit les 32,5 % de la totalité des fibres des États-Unis. Le rendement très élevé de 1 195 kg de fibre à l'hectare — soit près de 4 tonnes de coton-graine à l'hectare — est consécutif à la généralisation de l'irrigation ; les cultures sont localisées en grande majorité dans les grandes vallées.

Cette région semi-aride ne reçoit que 250 mm de pluie annuellement avec une forte insolation. Dans la contrée californienne, la plus importante, les températures permettent de conduire la culture durant toute l'année.

Les sols sont de type alluvionnaire profonds et fertiles, et la culture intensive qui y est pratiquée permet, au moyen des irrigations, de maîtriser le développement des cotonniers.

Dans les exploitations agricoles, généralement de surfaces

supérieures à 40 ha, la mécanisation et l'emploi des herbicides, engrais et insecticides sont généralisés. La défoliation avant récolte au « cotton picker » a lieu naturellement sans intervention chimique dans les zones à automne froid, et par l'arrêt des irrigations dans les autres zones.

Cette région est la seule, avec une très faible partie du Texas — 3 200 ha en 1976 — à produire les fibres extra longues des variétés Pima (*G. barbadense*).

LA PROTECTION DES CULTURES COTONNIÈRES.

Les grandes surfaces réservées aux cotonniers, une culture pratiquée en continu sinon sur toutes les terres au moins dans toutes les régions, un climat souvent peu rigoureux font que le parasitisme et les maladies qui affectent cette spéculation agricole sont soit généralisés soit localisés, mais pratiquement toujours présents (tableau XXXV). Seules échappent à cette contrainte les « High Plains » du Texas où le parasitisme est négligeable.

Partout ailleurs où les ravageurs animaux ont une incidence économique les traitements insecticides sont généralisés ; on applique généralement une quinzaine de traitements aériens.

La résistance acquise aux insecticides par certains ravageurs et l'augmentation du coût des traitements ont incité les américains à amplifier leurs recherches sur d'autres formes de lutte. Les entomophages, les entomopathogènes et les phéromones sexuelles ne sont pas encore d'un emploi généralisé.

En ce qui concerne les maladies seule la verticilliose semble être un facteur limitant de la production cotonnière de l'Ouest du Mississippi. En 1977 les pertes estimées par cette maladie furent de 2,2 % dans les États d'Arizona, Nouveau Mexique, Oklahoma et Californie, alors que celles dues au Wilt ne dépassaient pas 0,5 %.

LES ORIENTATIONS DE LA SÉLECTION.

Deux espèces se partagent très inégalement les surfaces cotonnières : *G. hirsutum* pour 99,4 % et *G. barbadense* pour 0,6 %.

C'est à partir des *G. hirsutum* qu'ont été créées toutes les variétés adaptées aux sols et climats divers des U.S.A. Les souches de départ de sélection sont complexes et variées et souvent incertaines. On doit noter que les descendants du type Acala, introduit du Mexique en 1906, ont été plus particulièrement utilisés pour les cultures irriguées dans l'État du Nouveau Mexique et la Vallée de San Joaquin en Californie car leur fibre est renommée pour ses qualités de longueur (1 1/16 à 1 1/8).

Le *G. barbadense* a été représenté d'abord par les descendance

TABLEAU XXXV

Répartition et importance des déprédateurs cotonniers aux U.S.A.

	NOM		ZONE DE PRÉSENCE			
	Taxonomique	Vernaculaire	S.E.	Delta	S.O.	O.
RAVAGEURS ANIMAUX	<i>Alabama argilacea</i>	Cotton leaf worm.....	■	■	oc.	oc.
	<i>Anthonomus grandis</i>	Bollweevil.....	■	■	■	■
	<i>Aphis gossypii</i>	Aphid.....	oc.	■	■	■
	<i>Bucculatrix thurberiella</i>	Leaf perforator.....	■	■	■	■
	<i>Heliothis virescens</i>	Tobacco bollworm.....	■	■	■	■
	<i>Heliothis zea</i>	Bollworm	■	■	■	■
	<i>Lygus hesperus</i>	Cotton bug.....	■	■	■	■
	<i>Lygus lineolaris</i>	Cotton bug.....	oc.	■	■	■
	<i>Pectinophora gossypiella</i>	Pink bollworm.....	■	■	■	■
	<i>Pseudotomoscelis serialus</i>	Fleahopper.....	oc.	oc.	■	oc.
	<i>Spodoptera exigua</i>	Armyworm.....	oc.	oc.	oc.	oc.
	<i>Tetranychus telarius</i>	Mite.....	oc.	oc.	■	oc.
	<i>Thrips</i> spp.....	Thrips.....	■	■	■	■
<i>Trichoplusia ni</i>	Cabbage looper.....	■	■	■	■	
MALADIES	<i>Fusarium oxysporum vasinf</i>	Fusarium wilt.....	■	■	■	■
	<i>Glomerella gossypii</i>	Anthracnose.....	■	■	■	■
	<i>Phymatotrichum omnivorum</i>	Root rot.....	■	■	■	■
	<i>Verticillium alboatrum</i>	Verticillium wilt.....	■	■	■	■
	<i>Xanthomonas malvacearum</i>	Bacterial blight	■	■	■	■
	Complexe : fonte des semis.....	Seedling disease.....	■	■	■	■
	Complexe : nematode fusariose.....	Root knot.....	■	■	■	■
Complexe : pourriture des capsules..	Boll rot.....	■	■	■	■	

■ Incidence économique régulière.
 ■ Incidence économique variable.
 oc. Présence occasionnelle.
 Inexistant ou sans incidence économique.

des Sea Island d'origine antillaise puis celles-ci ont été ensuite abandonnées au profit du Pima du type américano-égyptien. Sa production plus faible que celle des *G. hirsutum* et sa plus grande sensibilité à certains parasites limitent sa diffusion aux zones irriguées de l'Ouest américain. Sa culture est maintenue car il représente la seule source de fibre extra-longue produite aux U.S.A.

TABLEAU XXXVI

Qualités de la fibre des principales variétés U.S.A. en culture en 1979

Variétés	Classe staple inch.	Fibrographe		Micro- naire I.M.	Stélomètre			États de culture (cf. fig. 7)
		2,5 % SL mm	UR %		T0 1000 PSI	T1 g/tex	E1 %	
<i>Courtes soies :</i>								
Lankart 57.....	15/16	24,4	47	4,7	86	21	7,1	Texas (NW)
Lankart L x 571....	31/32	26	46	4,3	90	22	5,9	Texas (NW, Centre)
Lankart 611.....	31/32	23,6	46	3,8	89	22	6,5	Texas (NW, C)
Lockett 77.....	1 +	25,6	45	4,1	99	22	5,7	Texas (NW)
<i>Moyennes soies :</i>								
Acala SJ-2.....	1 3/32+	28,8	46	4,1	95	27	5,9	Californie
Acala SJ-4.....	1 1/8	28,2	47	4	101	29	5,8	Californie
Auburn M.....	1 1/16	27,2	45	3,8	81	21	5,8	Mississippi
Coker 201.....	1 3/32	27,8	46	4,8	87	23	5,5	Géorgie, Caroline du Sud
Coker 312.....	1 3/32+	29,2	45	4,5	85	23	6,4	Texas (NW)
Coker 417.....	1 3/32	28,4	46	4,5	89	24	5,7	Alabama, Caroline du Sud
Coker 5110.....	1 3/32	28	44	4,1	84	22	6,8	Texas (NW)
Deltapine 16.....	1 3/32+	28,4	46	4,4	86	24	6,5	Ark. Louis. Missi. Texas Arizona
Delpatine 26.....	1 3/32+	28,4	46	4,6	90	23	5,7	Mississippi
Delpatine 55.....	1 3/32	28,4	44	4	90	23	5,9	Mississippi
Delpatine 61.....	1 3/32	28,4	46	4,5	88	24	6,6	Ark. Louis. Missi. Arizona, Californie
Dixie King 111....	1 1/16	26,2	46	4,7	86	22	5	Alabama, Géorgie
Mc. Naire 612.....	1 1/16	28	45	4,7	82	22	6,2	Géorgie
New Rex.....	1 1/16	27,6	44	4	84	20	5,9	Arkansas
Stoneville 213.....	1 3/32	28	46	4,8	85	22	5,8	Ark. Louis. Missi. Missouri, Arizona
Stoneville 256.....	1 3/32	29	45	4,6	94	21	5	Arkansas, Mississippi, Arizona
Stoneville 603.....	1 1/32	27	44	4,9	91	22	5,4	Alabama
Stoneville 825.....	1 3/32	28,4	46	4,7	91	23	5,2	Mississippi
Stoneville 731 N....	1 1/8	29	47	5	90	23	5,2	Mississippi
<i>Longues soies :</i>								
Acala 1517-Y.....	1 1/8	29,8	46	4,2	90	26	6,6	New Mexico
Coker 310.....	1 1/8	30	45	4,7	89	24	5,6	Géorgie, Caroline Sud, Mississippi
<i>Extra-longues soies :</i>								
Pima S 5.....	1 13/32	38,1	31	3,9	104	37	7,2	Arizona

La sélection s'oriente vers une meilleure adaptation aux climats (sécheresse, températures élevées ou basses), à la mécanisation culturale (groupement de la récolte, ports réduits) et vers une plus grande résistance aux déprédateurs. C'est ainsi que depuis 1973, le Docteur Bird propose des sélections MAR (Multi Adversity Resistance) présentant des multitolérances vis-à-vis d'un ensemble de maladies et ravageurs.

Enfin, depuis la découverte de l'hérédité du caractère « glandless » par McMichael en 1959, de nombreux programmes ont été lancés avec ce type de cotonnier qui présente l'avantage de la simplification de l'extraction d'huile et de farine comestibles pour l'homme. Malgré les efforts déployés depuis lors les surfaces restent encore négligeables sur le plan américain (25 000 ha).

Dans le tableau XXXVI nous avons groupé les caractéristiques technologiques principales des fibres des variétés largement diffusées à l'heure actuelle aux U.S.A. et même hors de leurs frontières. Il y a lieu cependant de noter que ces caractères représentent des moyennes et que les fluctuations de leurs composantes sont particulièrement sensibles à l'alimentation hydrique du cotonnier (pluie, irrigation).

U.R.S.S.

La production cotonnière de l'U.R.S.S. est, depuis 1970, à peu près équivalente à celle des États-Unis d'Amérique, tantôt la dépassant, tantôt légèrement inférieure.

Au siècle dernier, la culture cotonnière de Russie utilisait l'espèce *G. herbaceum* d'un intérêt purement interne. A l'arrêt des approvisionnements en fibre durant la guerre de Sécession américaine des variétés de *G. hirsutum* furent importées. Plus tard, pour satisfaire des besoins en fibre extra longue, la culture de *G. barbadense* fut introduite et diffusée. En 1978-79 la production de cette dernière était classée au premier rang mondial (163 000 t) directement devant l'Égypte (144 000 t).

Les lieux de culture ont été transférés récemment de l'Ukraine, la Moldavie, l'Arménie et la Géorgie aux Républiques d'Asie Centrale qui produisent actuellement la totalité des fibres de l'U.R.S.S. (fig. 78 et tableau XXXVII).

Ce changement progressif a déterminé deux modifications profondes des techniques agricoles :

- la généralisation de l'irrigation sur cotonniers ;
- l'adaptation à un cycle végétatif très court.

Le type d'exploitation en U.R.S.S. est soit collectif, soit d'État. La superficie moyenne générale de la culture cotonnière par exploitation est de 1 300 ha avec des variations importantes par République, les plus petites étant situées en Azerbaïdjan (490 ha) et les plus grandes en Kazakhstan (2 100 ha).

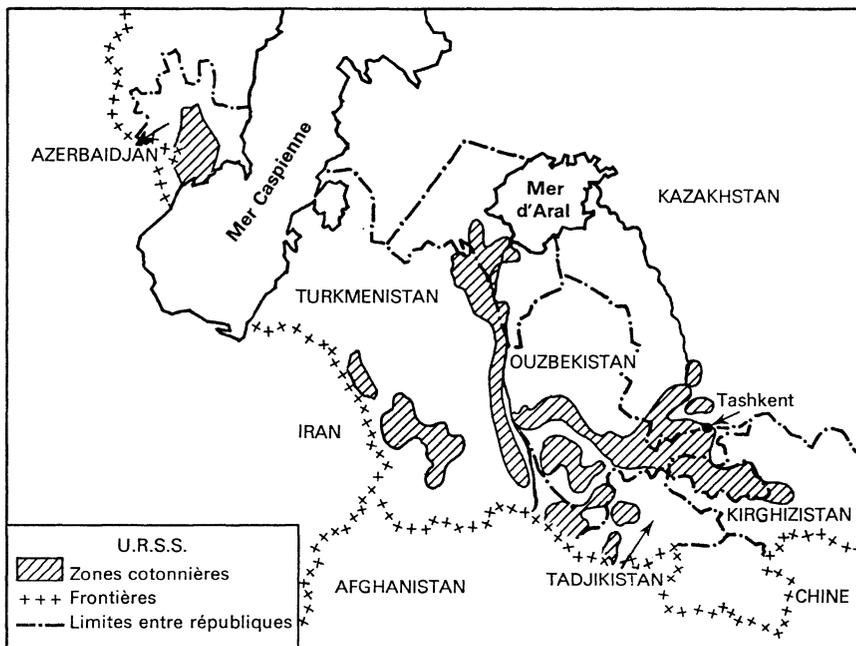


FIG. 78. — Régions cotonnières de l'U.R.S.S.

CONDITIONS CULTURALES.

De toutes les cultures cotonnières mondiales, celles des soviétiques sont situées le plus au Nord (entre le 35^e et le 45^e parallèle). L'altitude concourt également à réduire le temps de l'évolution végétative du semis à la récolte. Si l'on considère que 14 °C représente la température minimale nécessaire au développement du cotonnier, la culture n'est possible qu'entre les mois d'Avril et d'Octobre, soit durant 150 à 170 jours environ.

L'extension de la culture cotonnière dans cette partie d'Asie n'a été possible qu'en raison des très grandes ressources en eau des fleuves dont les deux principaux Amou-Daria et Syr-Daria se jettent dans la mer d'Aral. Les disponibilités en eau pluviale sont en effet très réduites et, quelle que soit la région, inférieures

à 250 mm annuellement dont 110 mm durant la période végétative. L'eau d'irrigation est conduite vers les lieux de culture par de très grands canaux alimentés directement par les fleuves ou par des ouvrages de retenue. On utilise également l'eau du sous-sol, extraite par pompage, mais cette ressource est limitée à moins d'un pourcent des besoins des surfaces irriguées.

TABLEAU XXXVII

La production cotonnière en U.R.S.S.

RÉPUBLIQUES	SUPERFICIES en 1.000 ha		PRODUCTION coton graines en 1.000 t.		RENDEMENT coton graines kg/ha	
	1970	1976	1970	1976	1970	1976
Ouzbekistan.....	1 709	1 778	4 495	5 338	2 630	3 002
Tadjikistan.....	254	282	727	840	2 862	2 978
Turkmenistan.....	397	491	869	1 053	2 189	2 145
Azerbaïdjan.....	193	216	336	530	1 741	2 454
Kazakhstan.....	118	110	276	310	2 339	2 818
Kirghize.....	75	72	187	208	2 493	2 889
TOTAL.....	2 746	2 949	6 890	8 281	2 509*	2 808*
1979/80	3 076		8 731		2 806*	

*moyenne

Les besoins en eau des cotonniers varient de 800 mm à 1 900 mm suivant la climatologie et la nature des sols. Les températures diurnes évoluent entre 38° C et 44° C en été, les vents chauds et secs sont fréquents, la plante est donc grande consommatrice d'eau pour conserver son potentiel de production.

Les irrigations sont en nombre très variable, de 4 à 5 au minimum ; les agriculteurs de plusieurs Républiques profitent des pluies d'avril pour effectuer leurs semis. Une grande partie des terres à coton n'étant pas encore nivelée on pratique le système de la cuvette billonnée qui, bien qu'imparfait, permet de répartir l'eau dans les cultures. Une dernière irrigation très tardive, parfois après la première cueillette, permet d'améliorer la production finale, sa qualité et de hâter les récoltes ultérieures. Un ouvrier a généralement la responsabilité de l'irrigation de deux hectares de cotonniers.

Les exploitants ont à lutter contre la salure des sols, la nappe phréatique étant très chargée en divers chlorures. Les producteurs soviétiques maîtrisent assez bien ce problème grâce à des façons culturales d'hiver qui permettent un lessivage superficiel des sols par l'eau de pluie, à un réseau de drains et de pompages de nappe phréatique bien organisé ou à l'utilisation d'amendements au plâtre. Les recherches soviétiques en matière de sols salins sont très poussées, l'extension future des cultures cotonnières de ces régions ne pouvant être envisagée que sur des terres de ce type.

Des labours profonds suivis de hersage éliminent les parties souterraines des plantes adventices. L'utilisation des herbicides (fluometuron) se généralise, mais il faut noter la grande prudence des Soviétiques à l'égard de cet emploi en raison de ses possibles effets néfastes sur l'environnement.

La fertilisation courante est de 50 unités d'azote, 250 de P_2O_5 et 70 de K_2O à l'hectare. De nombreuses exploitations utilisent également des engrais phosphorés en application foliaire. La rotation culturale la plus généralement utilisée est la luzerne (3 ans) suivie du coton (7 ans). Dans ce cas, 40 tonnes de fumier sont réparties sur les terres en tête d'assolement.

Après un semis mécanique en avril en lignes espacées de 60 ou 90 cm, les entretiens culturaux sont exécutés très classiquement avec les appareils agricoles adaptés à l'ensemble des fermes. La technique de l'écimage est utilisée après la fructification dans le but d'aérer la plante, de hâter la maturité des capsules et de faciliter la récolte mécanique.

MALADIES ET RAVAGEURS.

Une grande partie des ravageurs du cotonnier est éliminée par les rigueurs de l'hiver de ces régions. Le problème de la défense des cultures, sans être négligeable, n'est pas très préoccupant. Les cotonneraies ne nécessitent, en général, que trois à quatre traitements contre les deux principaux ravageurs : araignée rouge et *Heliothis armigera* ; contre le premier on utilise des systémiques et contre le second du Carbaryl. Les traitements sont exécutés sur avertissements. On rencontre également comme insectes secondaires, *Agrotis segetum*, *Spodoptera exigua* et occasionnellement thrips et punaises (*Eurygaster integriceps*). Actuellement la lutte biologique à base de Trichogramme se développe contre *Heliothis*.

La principale maladie présentant un danger pour les cultures cotonnières est le *Verticillium Wilt*. La seule méthode de lutte reconnue valable, à part les techniques culturales d'assainissement des sols, est génétique par création de variétés résistantes.

LA RÉCOLTE.

Lorsque trois capsules par plant en moyenne sont ouvertes dans un champ on procède à une défoliation par poudrage au chlorate ou phosphate de Ca ou de Mg ; dans de nombreux cas les froids nocturnes remplacent cette opération.

La récolte s'effectue ensuite à l'aide d'une machine soviétique du type « cotton picker » à deux ou quatre rangs que l'on utilise très souvent deux fois sur le champ. Une machine du type « cotton stripper » est utilisée pour l'ultime récolte de toutes les capsules. En U.R.S.S., environ 50 % des récoltes sont mécaniques, mais à la différence d'autres pays la combinaison des récoltes mécaniques et manuelles sur les mêmes champs n'est pas rare.

Tout le coton est ensuite transporté vers l'aire de séchage et de là il est vendu directement en coton graines à l'usine d'égrenage qui le classe suivant son taux d'humidité : première qualité moins de 8 %, seconde moins de 10 %, troisième moins de 11 % et dernière 13 % et au-dessus.

L'égrenage est effectué dans les 140 usines (environ) qui travaillent de 10 à 11 mois à raison de 21 h par jour. La fibre est mise en balles de 180 à 240 kg.

L'égrenage à scies est réservé au *G. hirsutum*, le coton brut longues soies provenant de *G. barbadense* étant traité à l'égreneuse à rouleau.

CLASSEMENT DU COTON.

Le coton soviétique est tout d'abord classé en deux groupes correspondant aux deux espèces cultivées : *G. hirsutum* pour les soies courtes et *G. barbadense* pour les soies longues.

Dans chacun de ces groupes il existe sept classes — ou sept grades — devant répondre aux caractéristiques mentionnées tableau XXXVIII. Signalons que :

— le coefficient de maturité est déterminé par l'examen microscopique de 250 fibres notées de 0 pour les fibres immatures à 5 pour les fibres très mûres ;

— la résistance à la rupture de la fibre est exprimée en grammes ;

— les impuretés maximales permises sont notées en % de la fibre ;

— l'humidité totale est en % de la fibre.

TABLEAU XXXVIII

Caractéristiques des grades soviétiques

GRADES ET NOMS		CARACTÉRISTIQUES DE LA FIBRE			
		Coefficient maturité	Résistance g	Impuretés %	Humidité %
Extra - Otborny	O.....	2,1	4,9	4	8
1 ^{er}	Pervy I.....	2	4,4	5	8
2 ^e	Vtoroy II.....	1,8	3,9	6,5	9
3 ^e	Tretyi III.....	1,6	3,4	7,5	10
4 ^e	Chetvertvi IV.....	1,4	3	12	11
5 ^e	Pyatyi V.....	1,2	2,5	16	12
6 ^e	Shestoy VI.....	1,2	2,5	22	12

SÉLECTION VARIÉTALE.

Le *G. hirsutum* constitue la part la plus importante de l'aire cotonnière produisant les fibres moyennes et courtes. Les chercheurs ont poursuivi leurs travaux d'amélioration pour adapter au mieux les croisements qu'ils ont effectués aux conditions très particulières du climat de ces Républiques de Centre Asie, aux étés courts très chauds et aux sols salins (tableau XXXIX).

Étant donné les grandes surfaces cotonnières, de nombreuses variétés sont cultivées durant d'assez longues périodes ; certaines ont été créées avant 1955 tel le 108 F, par exemple. Cette variété, d'origine U.S.A., a été sélectionnée en U.R.S.S. et son type actuel est très éloigné de ses parents puisqu'on la considère comme le type « Upland Russe ».

En dehors de la précocité, base impérative de production, l'amélioration la plus recherchée reste l'acquisition de la résistance au *Verticillium Wilt*. Pour certaines de ces variétés, les gènes de résistance ont été apportés par *G. hirsutum* var. *mexicanum*.

Le *G. barbadense* a été sélectionné à partir de variétés originaires d'Égypte, des U.S.A. et du Pérou dans les stations de recherches du Turkmenistan et du Tadjikistan. Elles diffèrent beaucoup actuellement de leurs origines après les nombreuses années de sélection qu'elles ont subies. Elles ont, en particulier, des branches fructifères très courtes et un port compact. Les extra-longues soies sont généralement plus résistantes au *Verticillium wilt* que les Upland. Les chercheurs soviétiques considèrent que la future voie d'amélioration passe par les hybridations interspécifiques (tableau XL).

TABLEAU XXXIX

Caractéristiques des variétés *G. hirsutum* courantes

VARIÉTÉS	CARACTÈRES PRODUCTIFS					ANALYSE DE LA FIBRE			
	PMC g.	% F	Cycle végét. jours.	Nœud 1° BF	Haut. plant cm	Long. mm*	Résist. rupt. g.	Finesse Nm.	Long. rupt. km
108 F.....	6,5/7	35/36	140/145	6/7	110/120	32,4	4,7	5 500	26
S 4727.....	6,2/6,7	37/38	140/145	5/6	90/110	32,6	4,6	5 610	26
153 F.....	5,9/6,4	39/40	140/145	6/7	90/110	32,4	4,9	5 000	24
133 F.....	5,5/6,3	31/32	143/148	6/7	90/110	36,8	4,9	6 400	31,4
138 F.....	6,5/7	36/37	143/148	6/7	110/120	35,7	4,5	5 910	26,6
149 F.....	6,7/7,2	36/37	135/140	5/6	90/100	35	4,7	5 150	26,4

TABLEAU XL

Caractéristiques des variétés *G. barbadense* en culture

VARIÉTÉS	FACTEURS DE PRODUCTION					ANALYSE DE LA FIBRE				Créa- tion
	PMC g	% F	Cycle végét. jours	Nœud 1° BF	Prod. CGr/ ha q	Long. mm*	Résist. rupt. g	Finesse Nm	Long. rupt. km	
9041-I.....	3,2	32,1	140/150	5/6	35/40	38/39	5,1	7 010	35,7	1961
9078-I.....	3,1	33,5	140/150	5/6	35/40	37/38	4,7	7 300	34,3	1962
5595-V....	3,5	33,4	145/150	4/5	35/40	37/38	4,8	6 960	33,3	1963
9155-I.....	3,4	32	130/145	4	35/40	40/41	4,9	7 370	35,8	1967
9647-I.....	3,3	28,3	130/145	4	30/35	39/40	4,8	8 150	39	1970

PRODUCTION DES SEMENCES.

Les semences ne sont pas prises parmi la production générale mais multipliées dans des fermes spécialisées choisies parmi celles dont les sols sont les plus fertiles. Les récoltes sont faites à la main et égrenées dans des usines particulières où l'on pratique le délantage et le traitement des semences. Ces dernières, ensachées, sont distribuées comme « élites » aux exploitations.

* Mesures propres à l'URSS, différentes du pulling et du fibrographe (cf. ROCH, bibliog.).

UNION INDIENNE

L'Inde est le plus ancien pays grand producteur de coton. En se référant aux écrits et recherches archéologiques on peut situer les origines de la culture cotonnière à plus de 30 siècles avant l'ère chrétienne.

L'Inde occupa la première place dans le monde jusqu'au milieu du XIX^e siècle, époque où elle fut supplantée par de nouveaux pays où la culture et la commercialisation étaient mieux organisées : U.S.A., Russie puis U.R.S.S. et Chine (Rép. Pop.).

La production cotonnière occupe une place très importante dans l'économie de l'Inde. On la rencontre dans 16 États sur 21 formant l'Union Indienne. Elle est l'un des rares pays producteurs de fibre de *G. herbaceum* et *G. arboreum* (communément appelés Desi).

La culture cotonnière occupe une surface agricole importante puisque les statistiques de ces dix dernières années — voir tableau XLI — la situe entre 7 et 8 millions d'hectares.

TABLEAU XLI

Production cotonnière en Inde Source ICAC, Juillet 1980

CAMPAGNES* cotonnières	PRODUCTION de fibre en tonnes	SURFACES cotonnières en hectares	PRODUCTION en kg/ha de fibre
1970-71.....	954 000	7 605 000	126
1971-72.....	1 258 000	7 783 000	161
1972-73.....	1 164 000	7 679 000	151
1973-74.....	1 199 000	7 574 000	158
1974-75.....	1 290 000	7 559 000	170
1975-76.....	1 160 000	7 458 000	156
1976-77.....	1 073 000	6 885 000	156
1977-78.....	1 232 000	7 866 000	157
1978-79.....	1 349 000	8 087 000	167
1979-80.....	1 333 000	7 932 000	168

* La première année citée est celle du semis.

La faible amplitude des surfaces ($\pm 5\%$), alors que les productions annuelles fluctuent de près de 20 %, traduit l'influence prépondérante de la pluviométrie sur les récoltes. Les sols sont de plusieurs types suivant la région : alluviaux noirs et profonds,

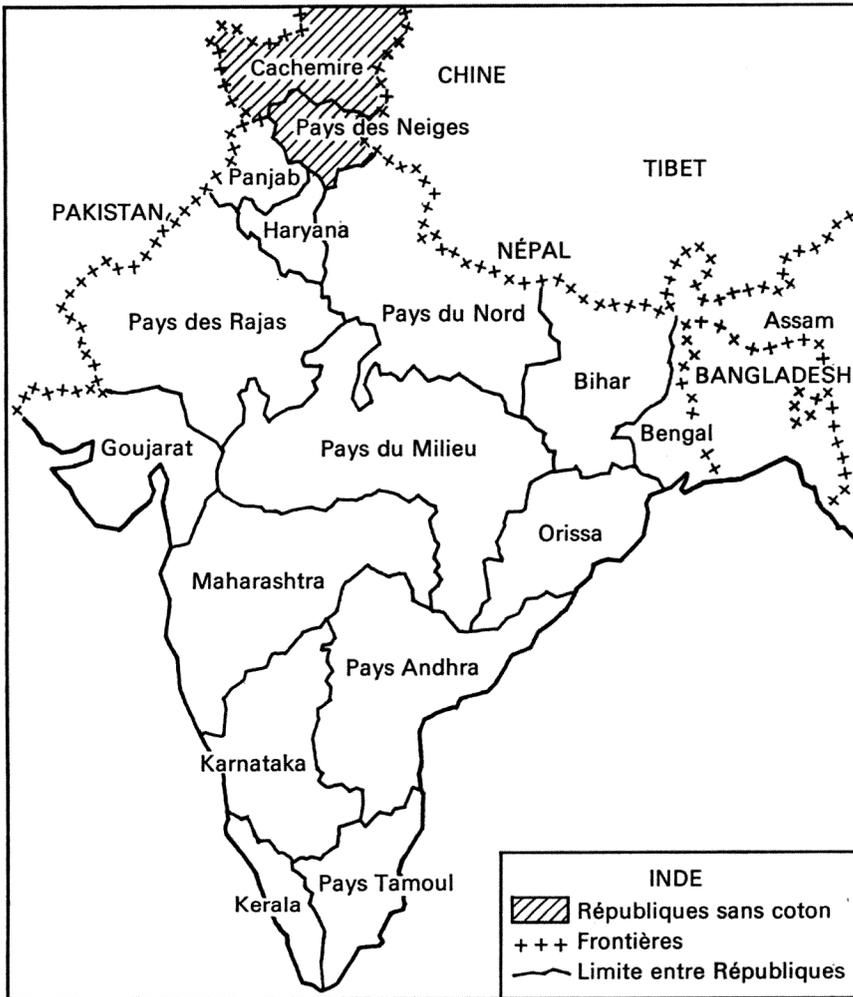


FIG. 79. — Régions cotonnières de l'Union Indienne

rouges et jaunes d'origine latéritique. Il y a moins de 20 % des surfaces réservées à la culture irriguée qui sont spécialisés en variétés à fibre de qualité supérieure.

Les cultures pluviales sont limitées aux régions à précipitations annuelles supérieures à 500 mm et d'altitudes inférieures à 900 m.

Dans un pays grand comme sept fois la France on rencontre les types de culture les plus divers, depuis les moins évolués pratiqués sur les sols pauvres et soumis aux aléas climatiques, jusqu'à ceux bénéficiant des techniques les plus modernes (irriga-

tion, engrais, protection) en raison de leur potentiel de production. Ces derniers types de culture sont les seuls en extension constante, leurs surfaces ayant triplé ces vingt dernières années.

TABLEAU XLII

Classement et production des cotons en 1976

CLASSEMENT	LONGUEUR mm	EN % DE L'ANNÉE		Rendement fibre kg/ha
		Surface	Production	
Extra-longues soies (ELS).....	sup. à 33	1,5	4	181 (1)
Supérieures longues soies (SLS)....	29,5 à 32,5	13	18	190 (2)
Longues soies (LS).....	24,5 à 29	18,5	6	46 (3)
Supérieures moyennes soies (SMS)...	22 à 24	45	44	135
Moyennes soies (MS).....	20 à 21,5	13,5	14	141
Courtes soies (SS).....	inf. à 19	8,5	14	232

1. Cultures irriguées.
2. Cultures irriguées en partie.
3. Conditions culturales défavorables (36 kg fibre/ha) de la variété Buri en République d'Andhra.

Signalons les conditions générales dans lesquelles sont poursuivies les cultures irriguées :

- date de semis très variable suivant le lieu ;
- écartement de 1 à 2 m entre les lignes et de 0,4 à 0,6 m sur la ligne ;
- irrigations : de cinq à dix suivant les sols,
- fumures organiques : 10 à 12 tonnes à l'hectare de fumier ou compost bien décomposé quand cela est réalisable,
- fumure minérale de fond : 90 à 120 kg P_2O_5 et 30 à 50 kg K_2O , à l'hectare,
- fumure azotée : 20 à 40 kg N au semis, 80 kg N à l'hectare en cours de végétation en plusieurs épandages.

LA DÉFENSE DES CULTURES.

Elle fait appel à la chimie et à la génétique pour contrôler ravageurs et maladies.

Ravageurs animaux du cotonnier :

- cotton jassid : *Amrasca liguttula* ;
- aphid : *Aphis gossypii* ;
- tailed mealy bug : *Ferrisiana virgata* ;
- mite : *Tetranychus sp.* ;
- cotton semi looper : *Anomis flava* ;
- white weevil : *Myloccerus sp.* ;
- leaf roller : *Sylepta derogata* ;
- red cotton bug : *Oxycarenus laetus* ;
- pink bollworm : *Pectinophora gossypiella* ;
- spotted bollworm : *Earias insulana* et *E. vittella* ;
- american cotton bollworm : *Heliothis armigera*.

Parmi ces ravageurs, tous nuisibles à des taux divers d'infestation suivant le lieu et l'année, les plus dangereux sont toujours les jassides, heliothis, ver rose et earias.

Maladies :

- fusarium wilt : *F. oxysporum F. vasinfectum* ;
- verticillium wilt : *Verticillium dahliae* ;
- black arm et bacterial blight : *Xanthomonas malvacearum* ;
- root rot : *Rhizoctonia bataticola*, *Macrophomina phaseoli* ;
- anthracnose : *Colletotrichum capsici*, *Glomerella gossypii* ;
- greymildew : *Ramularia areola* ;
- stenosis ou small leaf : maladie à mycoplasme.

On lutte contre ces maladies en cherchant à transférer aux nouvelles variétés les gènes de résistance ou de tolérance à *Fusarium* et *Verticillium* wilt et à *Xanthomonas*. Par exemple, la variété **Sujata** (*G. barbadense*) est résistante à *Xanthomonas* et à la verticilliose wilt.

Pour protéger les plantules, on traite les semences aux organo-mercuriques. Ensuite, et suivant les possibilités économiques de la culture, on applique des programmes de traitements pouvant comprendre jusqu'à 10 à 15 traitements suivant les nécessités annuelles. Ils se suivent de deux semaines en deux semaines, les premières applications pouvant être des systémiques en granulés ou du Thimet et Solvirex en épandage sur le sol.

LES VARIÉTÉS.

Dans le tableau XLIII, nous avons regroupé l'ensemble des cultivars les plus couramment utilisés et les quelques dernières nouveautés dont l'importance est encore réduite.

TABLEAU XLIII

Caractères des principales variétés indiennes

Espèces et variétés	Classe	Seed index	% F*	Fibrograph		Finesse millitex	Micro-naire I.M.	Coef. maturité	Stelomètre g/tex (T1)
				2,5 % SL mm	UR %				
<i>G. arboreum</i>									
VIRNAR.....	MS	5	36	23,4	46	193	4,3	0,84	23,2
SANJAY.....	MS	4,4	31,5	22,4	46	201	5,1	0,90	26,9
GAORANI 22.....	SMS	5,9	32	23,1	47	185	5	0,85	23,8
GAORANI 46.....	SMS	—	31,6	23,9	48	209	5	0,87	25,5
K8.....	SLS	7,2	32,1	28,7	41	213	5,4	0,87	27,6
<i>G. herbaceum</i>									
SUJAY.....	MS	6	41,5	25,7	46	169	6,4	0,80	26,3
JAYADHAR.....	MS	7,5	30,9	23,1	47	205	5,1	0,85	24,2
DIGVIJAY.....	SMS	5,5	38,5	22,6	48	154	3,6	0,70	25,6
V 797.....	MS	7,3	41,3	23,4	47	189	5,2	0,78	26,2
WESTERN.....	MS	8,5	27	21,6	49	236	6	0,88	28
<i>G. hirsutum</i>									
DEVIRAJ.....	SLS	5,3	32,2	30	47	150	3,8	0,80	20,1
GUJARAT 67.....	SLS	—	32	31	42	134	3,4	0,67	24,6
LAXMI.....	SLS	9,7	36,8	25,1	47	150	4,1	0,81	21,8
HAMPI.....	SMS	10,3	35,5	25,1	46	142	3	0,71	21
NARMADA.....	SMS	9	32,8	24,9	45	157	4	0,70	24,4
L LSS.....	SMS	—	33	22,4	49	161	3,8	0,81	20,1
320 F.....	SMS	—	34,2	26,9	41	126	3,1	0,70	21,4
MCU 4.....	SLS	—	32	33	43	—	3,4	—	27,3
BURI 147.....	LS	8,3	34,8	26,1	44	165	4	0,80	22,5
H4.....	SLS	—	36	32,5	47	160	4,5	0,77	24
<i>G. barbadense</i>									
S. I. ANDREWS.....	ELS	11,6	32,5	36,3	43	138	3,8	0,78	27,6
SUVIN.....	ELS	—	—	40	47	126	3,4	0,65	34,4
SUJATA.....	ELS	—	—	33,5	47	150	3,8	0,70	—
<i>Hybrides G. hirsutum et G. barbadense</i>									
VARALAXMI.....	ELS	—	31	36,6	45	128	3,4	0,68	26,4
CBS 156.....	ELS	—	32	34	—	—	3	—	—
MCH 1.....	ELS	—	33	39,6	—	—	3,5	—	—

* Rendement à l'égrenage.

Parmi toutes ces variétés on remarquera les hybrides interspécifiques *G. hirsutum* et *G. barbadense* qui ont une place à part. Les travaux ont été particulièrement poussés dans ce domaine et, à l'heure actuelle, l'Inde est le seul pays à utiliser industriellement des hybrides interspécifiques en F1 (hétérosis). Au cours de la campagne 1978-1979 il existait environ 83 000 hectares de ces hybrides dans les six Républiques : Goujarat, Maharashtra, Andhra Pradesh, Karnataka, Madya Pradesh et Taniel Nadu.

Ces hybrides de première génération sont cultivés à une faible densité de plants à l'hectare (5 000). On n'utilise donc que 2,5 kg de semences à l'hectare, ce qui rend possible la production de semences F1 par fécondation manuelle. La production se situe entre 3 000 et 4 500 kg de coton-graine à l'hectare.

Varalaxmi est la F1 du croisement de Laxmi (*G. hirsutum*) utilisé comme femelle avec le mâle SB 289E (*G. barbadense*) lequel est issu lui-même du croisement de S. I. Andrews avec un *G. barbadense* russe. Le **CBS 156** est issu d'un Acala glandless utilisé comme femelle (*G. hirsutum*) croisé avec un mâle d'origine russe SB 1085-6R (*G. barbadense*).

On utilise également la technique des croisements de lignée mâle stérile avec une espèce différente utilisée comme mâle. La descendance F1 de **JKH. 1** est de ce type ; elle associe la variété Kandwa 2, mâle stérile (*G. barbadense*), à Reba B 50 utilisée comme parent mâle (*G. hirsutum*).

Il y a lieu cependant de noter que les hybrides F1 ne sont pas seulement interspécifiques, mais également intraspécifiques, généralement de *G. hirsutum*. C'est le cas de **H4** et **MCU 4** et **MCU 5** croisés manuellement et semés à faible densité. Ainsi durant la campagne 1977-1978, 2 344 hectares de cotonniers ont produit les semences des 758 000 hectares des F1 de 1978-1979 dont 675 000 hectares sont d'origine intraspécifique.

ÉGYPTE

La culture cotonnière y est très ancienne mais elle ne prit vraiment un grand essor qu'à partir de la guerre de sécession américaine lorsque le Royaume-Uni se trouva dépourvu de ses sources d'approvisionnement.

A l'heure actuelle la production en fibre est de l'ordre de 400 000 tonnes pour une surface située autour de 500 000 hectares. L'analyse des dernières statistiques fait apparaître une lente régression de la production des fibres égyptiennes.

Le Gouvernement Égyptien qui détermine annuellement les

surfaces cotonnières a pris la décision de les diminuer pour les raisons suivantes :

— concurrence des fibres artificielles et synthétiques sensible sur le coton longue soie ;

— fléchissement de la demande mondiale en soies extra-longues ;

— besoins croissants en alimentation humaine (démographie en expansion) ; les cultures vivrières ne peuvent être effectués que sur les surfaces réservées au cotonnier.

TABLEAU XLIV

Production cotonnière

ANNÉE DU SEMIS	PRODUCTION fibre (t)	SURFACE (ha)	RENDEMENT fibre (kg/ha)
1970.....	509 000	684 000	744
1971.....	510 000	641 000	796
1972.....	514 000	652 000	788
1973.....	440 000	672 000	729
1974.....	438 000	610 000	717
1975.....	382 000	565 000	676
1976.....	396 000	524 000	757
1977.....	399 000	598 000	667
1978.....	438 000	499 000	878
1979.....	484 000	502 000	963

Le cotonnier ne profite pratiquement d'aucune pluie durant son développement, le régime des précipitations étant de 5 mm à 40 mm de la Haute à la Basse-Égypte pour la période janvier-septembre. L'eau des irrigations provient des barrages qui retiennent les crues annuelles du Nil.

Les **sols** de la couche arable de la vallée du Nil sont formés d'alluvions argilo-limoneuses. Ceux des zones limitrophes sont moins riches et contiennent des sables en plus ou moins grande proportion. Ils sont parfois accompagnés de chlorures n'affectent le rendement en coton lorsque leur concentration est supérieure à 2,5 à 3 ‰ dans l'horizon cultivable. Les eaux d'irrigation sont riches en limon et calcium, moins aujourd'hui qu'avant la mise en service du barrage d'Assouan.

MÉTHODE DE CULTURE.

Diverses **rotations** sont utilisées en Égypte, toutes précédées par la culture de berseem (trèfle d'Alexandrie) que l'on coupe et incorpore au sol avant le semis du cotonnier :

- rotation biennale : cotonnier, céréales ;
- rotation triennale : riz, cotonnier, céréales.

Les dates du **semis** sont :

- Haute-Égypte : mi-février ;
- Moyenne-Égypte : fin février ;
- delta du Nil : mars.

On pratique le semis soit sur sol préalablement irrigué, soit sur sol sec. La première méthode présente l'avantage de pouvoir déterminer la position du poquet sur le billon et d'être économe en semences. Les graines sont recouvertes de sable ou de limon.

La **densité** de cotonniers à l'hectare oscille entre 90 000 et 120 000 plants en fonction de la richesse des sols. Les billons sont espacés de 0,55 m, l'interpoquet étant de 0,15 à 0,20 m.

Le semis sur sol sec s'accompagne d'une première *irrigation* suivie, jusqu'en fin mai, d'un arrosage toutes les trois semaines. Au cours de juin et juillet, on irrigue toutes les deux semaines en raison des hautes températures atmosphériques et des besoins en eau alors importants de la plante durant sa floraison. On pratique également une dernière irrigation en septembre après la première récolte. Chaque irrigation utilise de 800 à 1 000 m³ d'eau à l'hectare, soit une moyenne de 8 000 m³/ha pour la campagne cotonnière en Basse et Moyenne-Égypte. En Haute-Égypte où les températures sont plus élevées et les vents brûlants nombreux, des arrosages complémentaires sont indispensables : on utilise 10 000 m³/ha d'eau annuellement.

Le **démariage** est effectué trois semaines après le semis, c'est-à-dire en même temps que la seconde irrigation. Les entretiens culturaux sont assurés par environ trois binages.

La **récolte** débute en septembre et se poursuit jusqu'en octobre. Elle est effectuée à la main par une main d'œuvre féminine et infantine pour la plus grande part. Le coton est égrené dans des usines utilisant des égreneuses à rouleaux qui préservent mieux la qualité des fibres.

La **fertilisation** des cultures est assurée par des nitrates de soude du Chili ou des nitrates de chaux et par des superphosphates de chaux. En Égypte on utilise généralement entre 70 et 120 kg d'azote à l'hectare et 250 à 450 kg de superphosphates.

On recommande d'épandre ces engrais en deux fois, un quart au moment du semis, le reste au démariage. Pour certaines cultures très soignées on diminue l'épandage au moment du démariage pour permettre une troisième application en début de floraison.

LA DÉFENSE DES CULTURES.

La culture cotonnière égyptienne est affectée par de nombreuses maladies dont la plus dangereuse est la fusariose qui sévit particulièrement dans la région nord du delta où sont cultivées les variétés longues soies. Cette maladie n'est pas encore contrôlée par l'emploi de variétés tolérantes ou résistantes. On rencontre également, avec une incidence moindre, des fontes de semis dues à *Rhizoctonia solani*, des attaques de feuilles par *Alternaria* et *Cercospora*.

En ce qui concerne les ravageurs, en début de culture on rencontre *Gryllotalpa sp.*, *Agrotis ypsilon*, *Thrips tabaci*, *Aphis gossypii* et araignée rouge (*Tetranychus telarius*). Les pucerons et les araignées rouges peuvent prendre certaines années une importance gênante pour la culture, mais aucun ne la met vraiment en danger.

En pleine floraison et capsulaison on rencontre les ravageurs les plus dangereux : *Spodoptera littoralis*, *Pectinophora gossypiella* et *Earias insulana*. Sont présents également mais secondairement importants : *Euprepocnemis plorans*, *Laphygma exigua*.

En fin de saison en dehors du ver rose (*P. gossypiella*) et de la chenille épineuse (*Earias insulana*), toujours très dangereux on rencontre l'araignée rouge et *Oxycaenus hyalinipennis*, jamais très préoccupants jusqu'alors.

Tous ces ravageurs sont en général combattus assez efficacement par les produits actuels.

LES VARIÉTÉS.

Le climat et l'absence de bactériose en Égypte ont permis la culture exclusive du *Gossypium barbadense*. C'est une grande richesse de ce pays qui est le plus important à fournir le marché mondial en fibres extra-longues et longues, de finesse et résistance exceptionnelles.

Les faibles rendements à l'égrenage (entre 33 et 35 %) dans le passé ont été considérablement améliorés récemment par la sélection ; les variétés à 38 % sont courantes.

C'est en 1978 que les très anciennes variétés Menoufi et Ashmouni ont été abandonnées définitivement. Elles ont été

remplacées, la première par **Giza 75** sélectionnée d'un croisement (Giza 61 A × Giza 69) et la seconde par **Giza 72** issue de (Giza 61 A × Giza 47). Ces deux nouvelles variétés apportent une amélioration importante du rendement en fibre au détriment pour Giza 72 de la longueur.

TABLEAU XLV

Les variétés égyptiennes en 1978

VARIÉTÉS	Surf. en % de l'an.	% F	Fibrographe		Stélomètre		Press- ley 1000 PSI	Micro- naire IM	Finesse Milli- tex
			2,5 % SL mm	UR %	g/tex (T1)	Al % (E1)			
<i>Variétés extra-longues soies (plus de 1 3/8)</i>									
Giza 45.....	2	32,8	36,9	48,2	35,1	7,2	118	3,3	112
Giza 70.....	30	37,7	37,1	51,3	38,3	5,7	122	4,2	139
Giza 68.....	3	35,8	34,-	48,5	34,5	6,8	114	3,4	122
<i>Variétés longues soies (de 1 1/4 à 1 11/32)</i>									
Giza 67.....	15	37,2	32,8	45,-	31,3	6,8	103	4,4	162
Giza 69.....	10	38,2	33,3	48,8	30,1	6,7	104	4,1	147
Giza 75.....	10	—	—	—	33,1	7,1	—	7	149
Dendera.....	16	35,5	31,7	48	31,2	7,7	99	3,8	141
<i>Variétés moyennes soies (de 1 1/8 à 1 7/32)</i>									
Giza 66.....	10	35,7	31,-	47,5	31,6	7,2	97	4,5	167
Giza 72.....	2	38,2	34,9*	—	27,5	7	94	4,8	166

* pulling.

CHAPITRE XX

AFRIQUE FRANCOPHONE ET MADAGASCAR

AFRIQUE DU NORD

Elle comprend deux pays producteurs pour lesquels des efforts de recherche ont été ou sont poursuivis dans le domaine du cotonnier (Maroc et Algérie). La Tunisie a une production très localisée qui ne fait l'objet d'aucune transaction internationale suffisante pour être mentionnée dans les statistiques mondiales.

ALGÉRIE.

La culture cotonnière en Algérie a de tout temps été extrêmement fluctuante et de relativement faible importance économique bien que ses possibilités soient très supérieures à ce qu'elles étaient dans ses meilleures années.

Il semble à l'heure actuelle que l'on se trouve dans une période de grande récession, les autorités algériennes ayant donné la priorité à d'autres secteurs d'activité agricole.

Il n'est cependant pas sans intérêt de signaler ce qui a été mis au point dans ce pays et qui pourrait servir le jour où on déciderait de reprendre la culture cotonnière. Elle peut être pratiquée à l'Ouest du pays dans les plaines de l'Habra et du Chelif et à l'Est dans les plaines proches d'Annaba.

La culture dans l'Ouest.

C'est une zone à printemps précoce dont les températures permettent des semis en fin mars début avril. La pluviométrie, inférieure à 100 mm entre semis et récolte, rend l'irrigation indispensable. Cette région convient particulièrement bien aux variétés de *G. barbadense* de type égyptien longue soie.

Les cultures sont conduites sur des sols de trois types généraux :

- sol rouge à bonne structure physique, perméable ;
- sol alluvial des rivières Chelif, Mina, Habra et du Sig, de constitution argileuse ;
- sol salin de même constitution que le précédent mais contenant de 2 à 2,5 ‰ de sels solubles.

Le cotonnier est tolérant aux sels lorsqu'ils ne dépassent pas la concentration de 3 ‰ alors que les agrumes y sont sensibles mêmes à des doses beaucoup plus faibles. C'est donc dans ce type de sols salins que se développe ou pourra s'étendre la culture cotonnière.

D'une profondeur de terre arable très variable (0,4 à plus d'un mètre), la nappe phréatique sous-jacente est à concentration saline élevée (2 à 4 ‰). Les racines du cotonnier ne peuvent donc s'y approvisionner en eau et l'horizon de son alimentation est limité par la profondeur de la nappe phréatique. Le volume des irrigations dans les sols salins a donc une importance primordiale pour l'avenir de la production agricole. Les excès d'eau, c'est-à-dire les quantités non totalement absorbées par la plante, iront gonfler la nappe phréatique et diminuer l'horizon exploitable par les racines. Des excès répétés conduiront inéluctablement à la disparition de toute culture rentable sur de grandes surfaces, comme cela a déjà été observé.

MÉTHODE CULTURALE.

Généralement on exécute des labours d'automne lorsque les premières pluies ont assoupli le sol. Les précipitations hivernales se chargent de lessiver les terres des sels qu'elles contiennent.

Au printemps les terres sont reprises par deux passages croisés de pulvérisateur à disques. On profite de cette opération pour incorporer au sol 80 kg à l'hectare de P_2O_5 . La préparation se termine par un billonnage à un mètre.

Une préirrigation au semis permet aux dernières mottes de terre de se déliter et de préparer un bon lit de germination aux graines. Celles-ci sont préalablement traitées avec un produit mixte fongicide-insecticide et semées durant la première quinzaine d'avril à raison d'une dizaine par poquet étant donné la nature généralement très argileuse des sols. On place les poquets sur le côté sud du billon (gain de chaleur) à la hauteur du niveau d'eau atteint par la préirrigation afin que les graines profitent des meilleures conditions pour leur germination. Elles sont ensuite recouvertes de terre pulvérulente ou de sable. L'espace entre poquets est de vingt centimètres et d'un mètre entre billons.

Trente à cinquante jours après le semis, on exécute le démaillage en ne conservant que les deux plantes les plus vigoureuses de chaque poquet. Il s'accompagne d'un buttage, sarclage. On profite de ces façons culturales pour incorporer au sol 90 kg à l'hectare d'azote. Un second binage, une trentaine de jours plus tard, permet d'éliminer les adventices les plus vigoureuses le développement des cotonniers étant par la suite suffisamment important pour que le sol se maintienne propre. Dans le cadre d'une culture mécanisée l'emploi de désherbants apparaîtrait certainement comme très rentable.

IRRIGATIONS.

La bonne conduite de l'irrigation est primordiale pour la réussite de la culture et le maintien de la fertilité des sols.

La préirrigation, lorsqu'elle fait suite à une période sèche, demande un volume d'eau élevé en raison des méats importants existants dans le sol ; on compte en général au moins 1 000 m³ à l'hectare.

La première irrigation suit le semis car le poquet doit être constamment humide pour une bonne germination. Le rythme des irrigations est ensuite fixé à trois semaines jusqu'au 15 juin puis deux semaines jusqu'à fin juillet et enfin tous les dix jours en août période de la floraison maximale. Une dernière irrigation quelques jours avant la première récolte hâte généralement la maturation des capsules encore vertes. Le volume de chaque irrigation doit se situer entre 300 et 600 m³ à l'hectare soit, pour une culture bien conduite, de 9 à 11 irrigations et un volume total de 6 000 à 6 500 m³ à l'hectare. Dans les rares cas de pluies durant cette période, les irrigations doivent être décalées lorsque les chutes sont supérieures à 20 mm (200 m³ à l'hectare de pluie).

On doit veiller à ce que le réseau de drainage soit en parfait état de fonctionnement.

TRAITEMENTS INSECTICIDES.

L'idéal serait de traiter les surfaces cotonnières par des moyens aériens en raison des contraintes qu'imposent les irrigations : certains sols, particulièrement argileux, sont impraticables durant plus de dix jours après une irrigation.

Les acariens et les pucerons sont gênants en début de végétation ; il est recommandé un traitement à la deuxième feuille (55 jours après semis) et un second vingt jours plus tard.

Les insectes les plus dangereux et contre lesquels il y a lieu de se prémunir tous les ans sont *Earias*, *Heliiothis*, et *Platyedra*.

Les traitements se font sur avertissement des services de la protection des plantes, la date d'apparition et la pression parasitaire étant variables chaque année.

RÉCOLTE.

Pour les variétés de *G. barbadense* sélectionnées pour leur précocité on devrait pouvoir exécuter les récoltes en septembre-octobre par deux passages de la main-d'œuvre dans les champs. Le coton graine est égrené dans les usines à égreneuses à rouleaux adaptées aux longues soies (Sig et El-Asnam).

VARIÉTÉS.

Le cycle cultural est suffisamment long dans cette région pour que l'on puisse envisager la culture du *G. barbadense* d'origine égyptienne. La culture du FB 20, crée et sélectionné à Ferme Blanche, était courante il y a quelques années mais il semble que de nombreuses autres variétés aient été introduites dans les centres de recherches après 1963, y compris des sélections de *G. hirsutum*.

La culture dans l'Est.

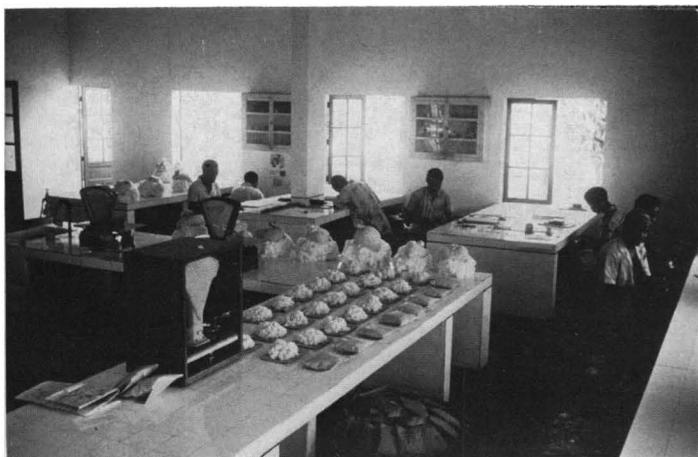
Cette zone entourée de hautes montagnes et ouverte vers la Tunisie d'où arrivent de nombreuses précipitations jouit d'un climat plus froid que l'Ouest et l'on ne peut semer le cotonnier qu'en première quinzaine de mai avec souvent des ressemis importants en fin mai. Les précipitations totales annuelles seraient assez importantes pour une culture normale (750 mm) si elles n'étaient mal réparties. Durant le mois d'août ou de septembre, parfois les deux, le cotonnier ne se développe que grâce aux réserves d'eau du sol toujours insuffisantes pour une production élevée.

Deux constatations se dégagent de cette situation :

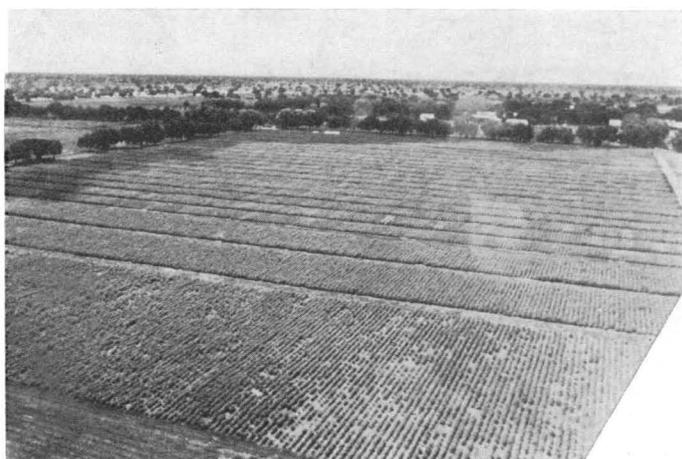
- la période végétative est trop courte pour que l'on puisse cultiver des cotonniers longues soies du type égyptien ;
- les irrigations d'appoint sont indispensables pour la stabilisation d'une production à un niveau rentable.

MÉTHODE CULTURALE.

Les labours de défoncement sont à exécuter tous les trois à cinq ans suivant les sols. Les labours d'automne sont suivis au printemps par le passage d'un pulvérisateur à disques qui prépare



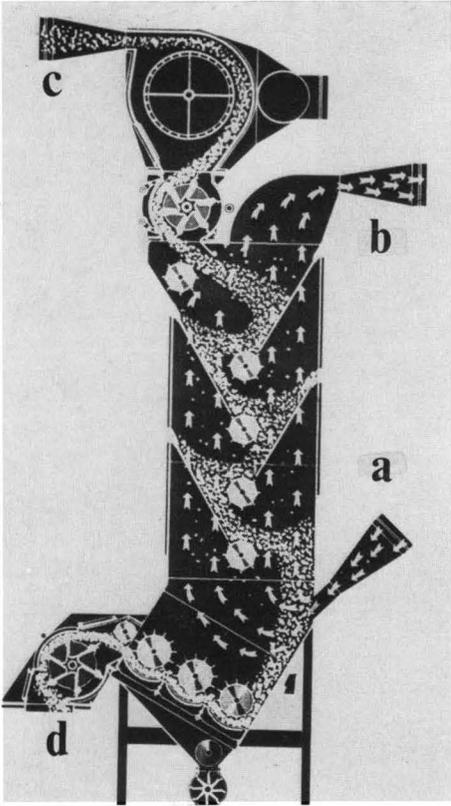
PH. 66. — Laboratoire de sélection d'une station africaine francophone (I.R.C.T.).



PH. 67. — Champ de sélection cotonnière à Bébedjia au Tchad (I.R.C.T.).



PH. 68. — Usine d'égreneuses à rouleaux : (a) arrivée du coton graine, (b) la fibre et (c) alimentation manuelle de l'égreneuse (J. GUTKNECHT).



PH. 69. — Séchoir à coton : (a) entrée de l'air chaud sec, (b) sa sortie humide, (c) entrée des graines humides, (d) leur sortie à l'humidité recherchée.

PH. 70. — Extracteur : (1) entrée du coton graine, (2) sa sortie appropriée vers l'égreneuse.

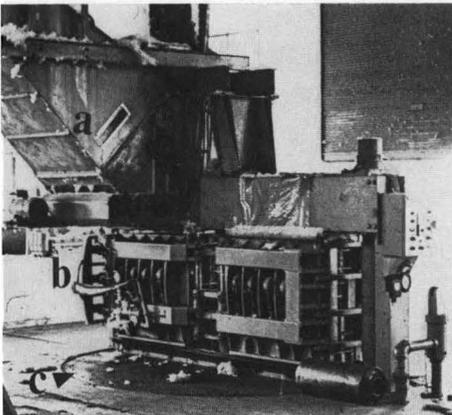
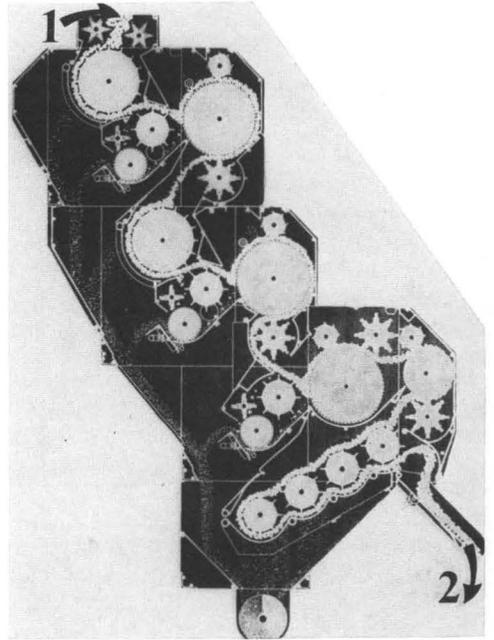


FIG. 71. — Presse à coton pivotante double corps : (a) alimenteur des fibres venant du séparateur, (b) corps de la presse en compression, (c) sol pivotant (C.F.D.T.).

le lit du semis. On profite de cette façon culturale pour enfouir 130 kg à l'hectare de P_2O_5 .

Les semis débutent en mai dès que les conditions atmosphériques les permettent ; ils sont réalisés au semoir tracté en lignes espacées de 0,9 à 1 m. L'éclaircissage des plantules se fait deux semaines après la levée en ne conservant qu'un plant tous les 10 cm. En semis en poquets l'écartement est de 20 cm, mais on conserve deux plants par poquet. On profite du sarclage qui suit le démariage pour enfouir 40 kg à l'hectare d'azote.

Les irrigations d'appoint s'effectuent du 15 juillet à début septembre à raison d'un arrosage de 600 m³ à l'hectare tous les dix jours.

Le système d'irrigation par aspersion est le plus couramment utilisé car il permet un bon contrôle de la quantité d'eau utilisée et s'accommode de sols non nivelés.

La protection phytosanitaire appliquée à cette région est très semblable à celle de l'ouest, les insectes les plus dangereux étant les mêmes.

La récolte se fait à la main mais rien ne s'opposerait, dans le cas de grandes surfaces stabilisées, de l'envisager au « cotton picker ». L'égrenage de la récolte a lieu dans l'usine à égreneuses à scies d'Annaba.

MAROC.

Comme en Algérie, la culture cotonnière marocaine est très fluctuante mais n'a presque jamais été abandonnée dans l'une ou l'autre de ses diverses zones.

De 4 000 hectares environ au moment de l'indépendance du Maroc (1956), elle était passée à plus de 17 000 hectares en 1964. Cette poussée est en grande partie la conséquence de l'extension des zones irriguées, particulièrement celle du Tadla, et de la rentabilité cotonnière qui en découle.

En dehors de la région montagneuse formant l'Atlas le Maroc bénéficie d'un climat méditerranéen aride, assez peu différent de celui de l'Ouest algérien ; il profite en outre de la proximité de l'Atlantique qui tempère la fraîcheur du printemps et rend possible des semis plus précoces qu'en Algérie (mars). On distingue au Maroc, deux zones cotonnières importantes :

— la Basse Moulouya, au nord-est, proche de la méditerranée, au climat tempéré et dont les sols sont du type alluvionnaire fertile, pauvres en phosphore et chargés en chlorures ;

— le Tadla, au centre, de climat continental aride aux températures supérieures à 35 °C en période estivale et aux vents

secs et chauds venant du désert (chergui) ; il possède des sols limono-argileux fertiles.

Deux zones cotonnières d'importance très secondaire puisqu'elles ne comprennent que quelques centaines d'hectares, forment l'une le Gharb aux sols limono-argileux et à culture pluviale possible dans le Nord, l'autre les Doukkala à sols sableux.

La culture cotonnière marocaine n'est rentable que sous irrigation étant donné la faible pluviométrie et ses fluctuations imprévisibles en été.

MÉTHODES CULTURALES.

Nous ne parlerons pas ici de la culture traditionnelle du fellah qui tend à disparaître au bénéfice de la culture mécanisée individuelle ou de groupes genre coopératif.

La terre est préparée en automne au moyen de labours, puis reprise au printemps par deux passages de pulvérisateurs à disques pour terminer par un billonnage.

Les semis s'effectuent en mi-mars dans les parties méridionales et en avril dans le Nord suivant la même technique qu'en Algérie Ouest (poquet, espacement) avec une semence traitée.

Dans les zones en culture intensive, la rotation quadriennale est courante : jachère, coton, blé et fèverolle ou coton, blé, fève, blé suivi par 3 à 4 années de luzerne ou encore betterave, blé, berseem, coton, fourrage.

L'apport d'engrais est indispensable en culture intensive mais la formule sera différente suivant le précédent cultural du cotonnier. Après un blé qui a reçu des engrais on utilisera par hectare 20 tonnes de fumier, 500 kg de phosphates naturels marocains et 80 kg d'urée au démariage ; après la luzerne, on emploiera 500 kg de phosphates naturels et 100 kg de sulfate de potasse. D'une manière générale, on peut considérer que l'agriculteur ne risque aucun accident de culture en appliquant à l'hectare 35 à 40 unités de N, 40 à 60 unités de P_2O_5 et 45 de K_2O .

Le **démariage** s'effectue à 2 plants par poquet en même temps que le premier binage, 30 à 45 jours après le semis ; il doit être suivi généralement de 2 à 3 binages.

La récolte débute vers le 15 septembre et s'échelonne jusqu'à mi-octobre ou mi-novembre suivant le lieu et la variété. Elle se fait à la main par une main-d'œuvre payée soit à la tâche, soit à la journée suivant l'époque.

Les **variétés** cultivées sont soit des moyennes soies dans le Gharb (*G. hirsutum*), soit des longues soies de type égyptien dans le reste du pays.

Quant aux conditions phytosanitaires on peut les rapprocher de celles de l'Algérie de l'Ouest par la similitude du parasitisme principal (*Acariens*, *Heliothis*, *Earias*, *Platyedra*) et l'absence des maladies pouvant faire obstacle à la culture des *G. barbadense* (bactériose, verticilliose).

AFRIQUE TROPICALE

Elle englobe, dans la partie francophone que nous étudions, des pays dont les modes de cultures sont très diversifiés en raison de leurs conditions de milieu : climat, sol, humain.

Toutefois l'augmentation des tonnages est générale et doit être attribuée à des causes différentes. Dans un premier temps cette augmentation a été consécutive à l'accroissement des surfaces cotonnières, période que nous appellerons extensive. Depuis quelques années on assiste à une stabilisation de l'aire cotonnière sans qu'il y ait régression des productions. Nous abordons ainsi la période intensive que nous vivons actuellement et qui se caractérise par l'emploi de plus en plus généralisé des moyens de production moderne : mécanisation, emploi des engrais et insecticides, variétés adaptées entre autre.

Cette évolution est appelée à transformer profondément la société agricole africaine dont les moyens de vie et de production ne cesseront de s'améliorer.

AFRIQUE DE L'OUEST

SÉNÉGAL.

Le travail artisanal de la fibre de coton est encore d'usage courant au Sénégal, la matière première provenant à l'heure actuelle des cultures annuelles mais autrefois de cotonniers arbustifs protégés des dégâts parasitaires par une longue saison sèche.

Plusieurs tentatives de cultures furent abandonnées pour des raisons socio-économiques, en particulier le manque de main-d'œuvre, et ce n'est qu'en 1963 que les premiers hectares de culture en milieu paysan au Sénégal oriental permirent aux autorités locales de se convaincre des possibilités sérieuses de cette production textile. Ces premiers hectares furent, suivis en 1964, sous l'impulsion et l'encadrement de la C.F.D.T., par plusieurs centaines d'hectares de cotonniers, et depuis, la progression des superficies n'a cessé de croître pour atteindre 48 000 hectares en 1978-79.

TABLEAU XLVI

Production cotonnière au Sénégal

Campagnes	Superficies (ha)	Coton graines (t)	RENDEMENTS			Production fibre (t)
			Coton graines (kg/ha)	Fibre (kg/ha)	% F	
1964-65.....	102	54	527	—	—	—
1965-66.....	386	302	782	—	—	—
1970-71.....	13 618	11 843	870	306	35,2	4 172
1971-72.....	18 318	21 547	1 176	421	35,8	7 722
1972-73.....	20 359	23 282	1 144	418	36,5	8 512
1973-74.....	28 630	32 854	1 047	415	36,4	11 894
1974-75.....	38 588	42 007	1 088	398	35,6	15 343
1975-76.....	37 483	30 842	823	304	35,7	11 391
1976-77.....	43 845	45 207	1 031	382	36,9	16 750
1977-78.....	47 108	37 077	787	283	36,0	13 358
1978-79.....	48 299	33 745	699	258	36,9	12 451
1979-80.....	30 908	26 868	890	—	—	12 900

Malgré cet accroissement rapide la culture bien dirigée a été maintenue dans un cadre intensif, profitant à chaque étape des progrès de la recherche d'accompagnement. La production à l'hectare s'est rapidement stabilisée autour de la tonne de coton-graine et ne dut céder que devant les fréquentes années de sécheresse de cette dernière décennie.

La culture cotonnière s'étend sur trois régions (fig. 80) : Sine Saloum, Sénégal Oriental et Casamance au sud de l'isohyète de 900 mm. Le Sénégal Oriental qui est resté longtemps la région la plus importante est en passe actuellement d'être supplanté par la Casamance, en particulier en raison de ses deux sous-régions : Velingara et Kolda.

C'est environ 80 % de la production nationale de fibre qui sont exportés, le reste alimentant les usines locales de filature et tissage. Quant aux graines, à part les 3 000 tonnes nécessaires aux semis, elles sont pressées et triturées sur place pour l'extraction de l'huile et la fabrication des tourteaux.

CLIMAT.

La pluviométrie est déterminante pour la culture cotonnière, non seulement par la quantité totale d'eau tombée, mais aussi par sa distribution en cours de culture. Les variations sont très

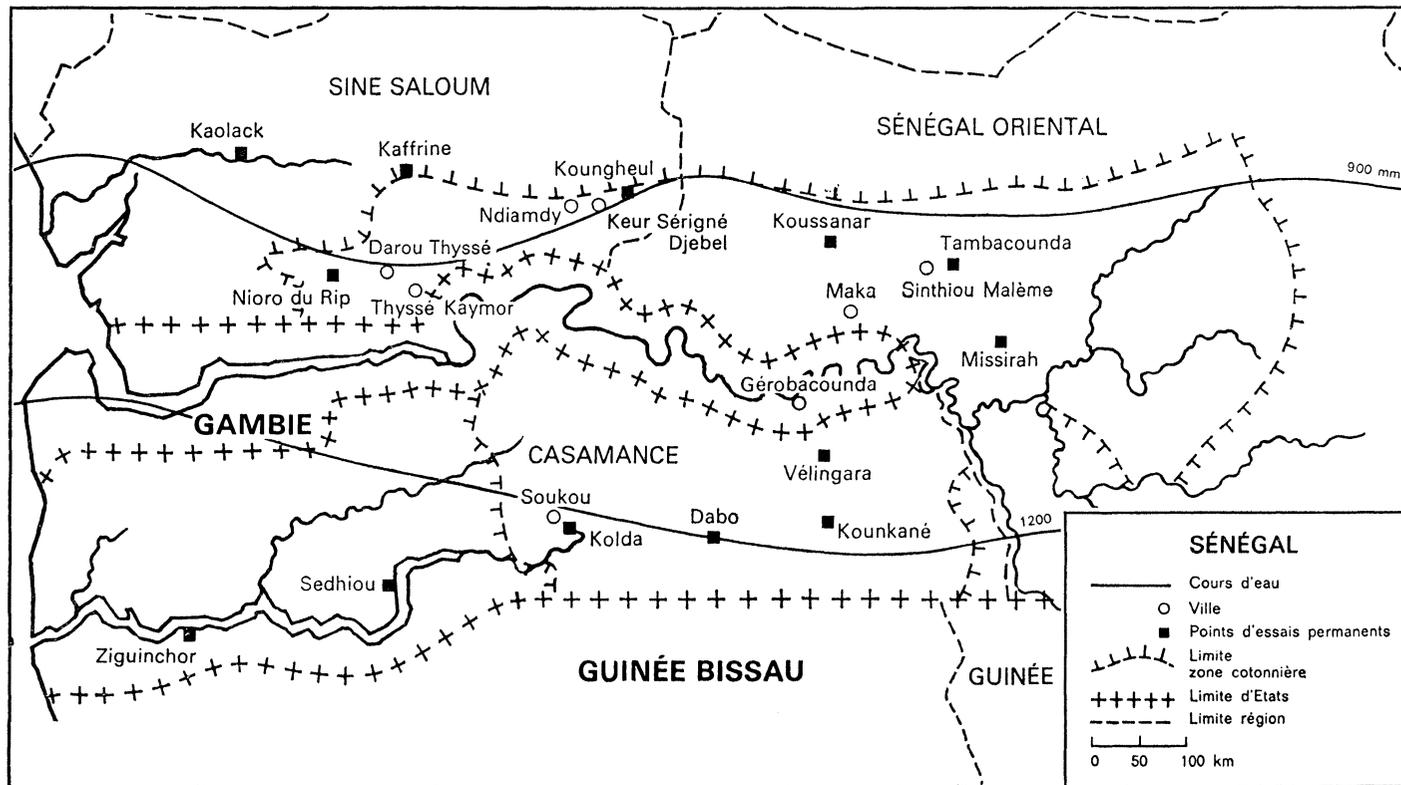


FIG. 80. — Régions cotonnières du Sénégal.

importantes et l'on a pu noter des extrêmes de 500 à 900 mm dans la région de Sine Saloum, de 600 à 1 000 mm au Sénégal oriental et de 600 à 1 200 mm en Moyenne et Haute Casamance. Les pluies apparaissent en juin et s'arrêtent en octobre, mais ces dernières années il n'a pas été rare de noter des périodes de plusieurs semaines absolument sans précipitations et des années avec des mois de juin ou octobre sans pluie.

SOLS.

Ils se trouvent sur le grès tendre assez hétérogène du Continental Terminal et sur des formations alluviales, éoliennes ou marines dérivées de ces grès. Ce sont donc des sols sableux pauvres en matières organiques et fortement déficients en potassium dans le Siné Saloum et la Haute Casamance, et en phosphores au Sénégal Oriental.

Les sols de la région du Sénégal Oriental paraissent moins épuisés que ceux de Sine Saloum, surexploités, et où les jachères disparaissent ; les sols de Casamance bénéficient parfois d'un relief hydrographique plus marqué, d'où une texture plus limoneuse du profil.

MÉTHODE DE CULTURE.

Les paysans profitent de l'encadrement de la société de développement détentrice du monopole de la distribution des semences et de l'achat du coton-graine.

On attribue à chacun une superficie dépendante de ses possibilités culturales, de l'introduction du cotonnier dans sa rotation et de ses connaissances dans cette production.

Les **rotations** communément pratiquées sont :

- cotonnier, céréale, arachide dans le Siné Saloum ;
- cotonnier, céréale ou cotonnier, arachide en Sénégal Oriental et Casamance ;
- jachère, cotonnier, céréale, arachide.

La **préparation des sols** commence par le nettoyage des terres de tous les rejets de souches et broussailles. Il est suivi selon les régions et les possibilités liées à la pluviométrie :

- du labour à la charrue entre le 15 juin et le 15 juillet. Cette pratique est courante au Sénégal Oriental, fréquente en Casamance, rare au Sine Saloum ;
- du grattage du sol à la houe ou à la herse au Siné Saloum ;
- d'aucune préparation dans 5 à 10 % des terres du Siné Saloum où les terres sont légères.

Les **semis** doivent être précoces étant donné la brièveté de la saison des pluies et, de toute façon, antérieures au 10 juillet chaque fois que cela est possible. Ils sont parfois contrariés par des pluies suffisantes pour la germination mais insuffisantes pour le développement de la plantule, ce qui conduit à un ressemis tardif en cas d'absence d'autres précipitations dans les jours qui suivent. Ce sont des années à faible production.

Généralement le semis est directement exécuté sur le labour sans préparation complémentaire soit à la main (5 journées à l'hectare), soit au semoir attelé (1 jour à l'hectare). On utilise dans le premier cas 40 à 50 kg de semence à l'hectare et dans le second 25 kg à l'hectare environ. L'interligne est de 0,90 m et on ne conserve qu'un plant par poquet tous les 0,20 m soit 55 000 plants à l'hectare.

La **fumure** actuellement vulgarisée et généralisée est le 8 - 18 - 27 à raison de 150 kg à l'hectare — épandus manuellement en « side dressing » à la levée des plantules. On prévoit un épandage d'azote sous forme d'urée de 50 kg à l'hectare le trentième jour après la levée, soit juste après le premier sarclage. Il y a environ 50 à 80 % des parcelles qui bénéficient de cet épandage complémentaire et l'on ira vers sa généralisation.

Le **démariage** manuel et le **sarclage** suivis de la fertilisation complémentaire s'effectuent généralement dans le même temps de trois semaines à un mois après semis. Les services de vulgarisation tentent de généraliser le démariage à 2 semaines. On effectue le sarclage soit manuellement, soit avec des outils attelés. On pratique très souvent un second et dernier sarclage-buttage vers le soixantième jour de culture.

L'introduction des **herbicides**, encore peu vulgarisés, permettra sans doute de se passer du premier sarclage. Leur emploi facilitera également une meilleure germination des cotonniers dont le démarrage est toujours laborieux et qui ont besoin de sarclages répétés avant de dominer la flore adventice.

La **récolte** est faite manuellement du mois d'octobre à janvier. Aucune date précise n'est arrêtée, toute la famille des paysans contribuant au ramassage. Les seuls impératifs sont représentés par les dates de passage de la commercialisation aux lieux de marchés. Généralement, il y a deux passages espacés de deux mois par marché.

Il est généralement prévu deux *prix d'achat* pour le coton graine selon la qualité des lots, en particulier pour favoriser ceux qui séparent le coton blanc du coton taché de mauvaise qualité et des débris végétaux.

L'achat sur les lieux proches de la production et à des dates précises est un atout puissant pour le développement de la culture cotonnière.

LES VARIÉTÉS.

Le temps réduit de la pluviométrie, les écarts considérables de précipitation entre les années extrêmes, la mauvaise distribution de celle-ci, ont conduit à rechercher des variétés à cycle court et relativement plastiques. La variété actuellement en grande culture appartient à BJA-SM 67 appréciée des agriculteurs et des industriels.

TABLEAU XLVII

Caractères de variétés en essais

VARIÉTÉS (essais)	Production kg/ha		% F	Long. 2,5 % SL mm	Micron. I.M.	1000 PSI	Précoc. % de R1	PMC g	S.I. g	Linter %
	Cot. gr.	Fibre								
BJA. SM 67.....	1740	675	38,8	29,2	4,6	95,5	65,5	4,6	10,6	11,5
IRCO. 5028.....	1839	774	42,1	28,9	4,5	82,6	74,2	3,9	9,1	9,1
L299.10/75.....	1798	756	42	30	4,6	87,5	69,7	3,8	9	10,8
B 163.....	1954	781	39,9	30,9	4,3	93,4	67,9	4,6	10,6	10,4
BJA cultivé*.....	699	258	36,9	27,6	4,5	92,2	—	—	—	—

* année 1978/79..

La variété **L299.10/75** présente de nombreux avantages sur le **BJA SM 67**, en particulier une meilleure énergie germinative, une production en fibre plus élevée, et une fibre de meilleure longueur. La première multiplication sur faible surface (20 ha) a commencé au cours de la campagne 1979-80. Elle est appelée à concurrencer et supplanter progressivement la précédente.

La variété **B 163** s'est montrée un peu plus productive que BJA grâce à son rendement à l'égrenage plus élevé. On a noté également sa fibre plus longue que L 299.10/75 avec un net avantage en résistance. Cette variété peut apparaître comme possible au Sénégal.

LE PARASITISME.

Il est assez variable d'une année sur l'autre. Ce sont les ravageurs de capsules qui prédominent mais le parasitisme conserve toutefois en général un niveau relativement raisonnable en raison de la longue période sèche qui sépare deux campagnes.

Dès la levée, les iules (Diplopodes) font parfois leur apparition provoquant des dégâts importants nécessitant certaines années un ressemis.

Les trois principaux insectes à contrôler tous les ans sont : *Heliothis armigera*, *Diparopsis watersi* et *Cryptophlebia leucotreta* ; *Bemisia tabaci* peut avoir une incidence sur la qualité de la récolte par le mielat déposé sur les fibres. L'incidence économique est actuellement encore très faible.

On lutte contre le parasitisme par des traitements généralisés dont le nombre varie en fonction de l'évolution de l'agriculture. Ainsi en 1977, on notait que plus de 90 % des surfaces cotonnières ont été traitées quatre fois, et qu'il y en avait 80 % à être traité cinq fois, 60 % six fois, 30 % sept fois et 10 % huit fois. Les traitements devraient débiter 40 jours après le semis mais près de 30 % des agriculteurs ne les exécutent qu'après deux mois.

La généralisation des traitements en U.L.V. depuis 1978 est certainement un progrès décisif sur l'évolution de la production en raison de la facilité d'emploi de faibles volumes de produits avec des appareils légers.

Le parasitisme est bien contrôlé actuellement par les mélanges endrine DDT — méthyl parathion (100-400-100 g de m.a./litre) ou endosulfan DDT — méthyl parathion (225-160-80 de m.a./litre). L'apparition récente de pyrethrinoides permet d'augmenter le nombre de produits très efficaces : on a utilisé avec succès en 1978 de la décaméthrine.

MALI.

Les cotonniers cultivés au Mali au début du xx^e siècle se rattachaient à l'espèce *Gossypium hirsutum*, dont la race *punctatum* était la plus répandue et la mieux adaptée aux conditions climatiques. Ces cotonniers étaient généralement cultivés en association avec le sorgho pour les besoins du marché local.

Jusqu'à la guerre de 1914-1918 diverses introductions de cotonniers américains et égyptiens ont été tentées, sans succès. On cherchait surtout à remplacer les types de *G. hirsutum* race *punctatum* dont l'amélioration de la longueur de fibre (20 à 25 mm) et du rendement à l'égrenage (20 à 25 % de fibre) s'avérait difficile.

De nouvelles introductions de variétés égyptiennes en 1923 et américaines en 1924 et 1925 n'eurent pas plus de succès que les précédentes, aussi sur les conseils du D^r FORBES, spécialiste américain, on importa divers types de cotonniers Allen et indiens.

L'Allen, variété américaine (*G. hirsutum*), émigrée au Soudan,

en Ouganda, puis sélectionnée en Nigeria, se montra bien adaptée aux conditions de l'irrigation, elle fut conseillée pour les zones recevant moins de 700 mm de pluie et sa culture apporta la solution du problème cotonnier lors des premiers aménagements de l'Office du Niger. Dans le sud de Ségou, zone de Touna, l'introduction du Budi, un hybride de deux types de *G. arboreum* (*cernuum* et *indicum*) importé de la station de Coïmbatore (Indes), tendait à remplacer le *punctatum* local.

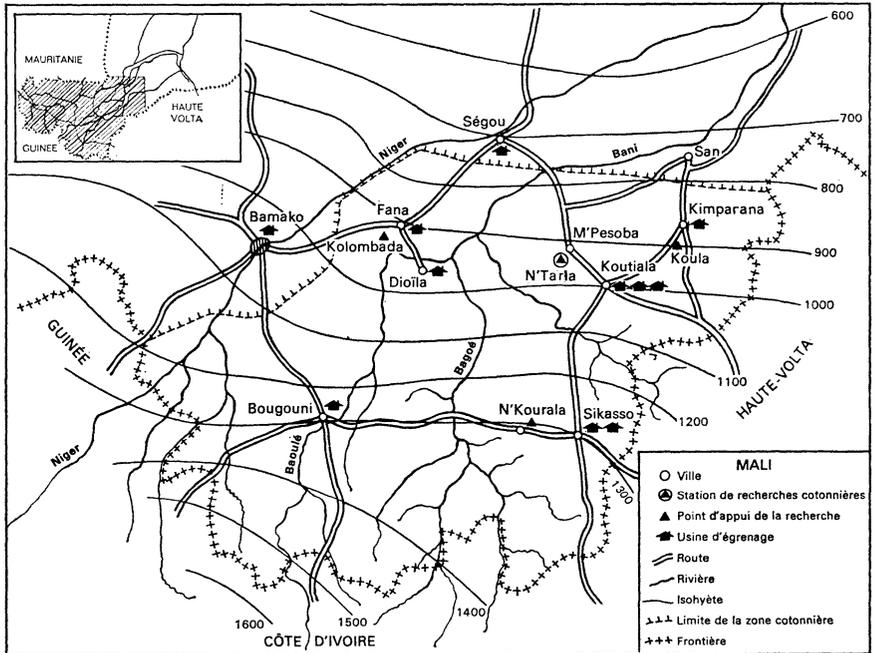


FIG. 81. — Régions cotonnières du Mali.

Le N'Kourala, découvert en 1920 dans un champ des environs de Sikasso, considéré comme un hybride naturel de la variété locale *punctatum* et d'un *G. hirsutum* introduit, avait conservé de nombreux caractères de ce dernier (fibres de bonne qualité et productivité intéressante). Après un long temps de sommeil il fut multiplié, à partir de 1932, par la station de M'Pesoba et par l'Office du Niger.

Avec la création de l'Office du Niger en 1932 la culture irriguée du cotonnier est envisagée pour les variétés à longues soies de type égyptien (*G. barbadense*) dans la zone du delta central du Niger où la pluviométrie annuelle atteint 400 à 600 mm pour 4 mois

de précipitations, les variétés à moyennes soies type *G. hirsutum* étant diffusées en culture pluviale dans les zones au sud de Ségou où la pluviométrie annuelle varie suivant la latitude de 700 à 1 300 mm en 5 à 7 mois.

L'Office du Niger prévoyait que la culture du cotonnier deviendrait la culture principale de la vaste région du delta central du Niger et pourrait atteindre 500 000 ha sur les 960 000 ha sous irrigation du projet, les sols limoneux et limono-argileux se prêtant bien à la culture du cotonnier lorsqu'ils sont convenablement drainés. Après des tentatives de sélection de variétés à longues soies et Allen, la culture fut abandonnée en 1970. Un projet de relance de la culture irriguée pour la production de longues soies dans la partie la plus septentrionale de l'Office du Niger est à l'étude.

Depuis 1970 la culture pluviale, autrefois confiée à l'Office du Niger, est sous la responsabilité de la Compagnie Malienne pour le Développement des Textiles (CMDT). La zone de contrôle est limitée au nord par la route Bamako-Ségou-Mopti, au sud-ouest par la frontière de Guinée, au sud par celle de la Côte-d'Ivoire, au sud-est par la Haute-Volta. En 1979/80 elle concernait 118 000 ha de cultures cotonnières. Cette zone CMDT est complétée à l'ouest par une zone dépendant de l'opération de développement Haute Vallée du Niger (HVN) sur laquelle 5 000 à 6 000 ha de cotonniers sont cultivés (fig. 81).

TABLEAU XLVIII

Production cotonnière du Mali en culture pluviale

Campagne	ZONE CMDT			ZONES CMDT+HVN	
	Surfaces CMDT	Production cot. gr. CMDT	Production cot. gr. en	Production fibre	Production malienne de cot. gr.
	(ha)	(t)	(kg/ha)	(t)	(t)
1960-61.....	28 360	6 381	213		6 381
1965-66.....	56 228	15 902	282		16 184
1970-71.....	65,703	52 578	800	19 890	52 762
1971-72.....	77 332	67 510	875	25 310	67 939
1972-73.....	77 390	65 560	855	24 370	66 182
1973-74.....	69 456	50 023	720	19 989	50 061
1974-75.....	68 059	60 092	883	22 982	61 182
1975-76.....	87 411	101 066	1 158	39 191	103 391
1976-77.....	107 308	116 517	1 086	45 457	118 875
1977-78.....	99 575	111 364	1 118	42 265	113 761
1978-79.....	113 068	123 152	1 089	48 163	127 690
1979-80.....	118 612	141 954	1 197	56 128	150 542

Comme nous le voyons dans le tableau XLVIII la production cotonnière a considérablement évolué durant ces vingt dernières années. Le développement et l'emploi de techniques de culture intensive, l'utilisation de variétés améliorées y ont largement contribué ; les rendements moyens nationaux de coton graine sont passés de 200 à 1 200 kg/ha.

Pour la dernière campagne citée dans le tableau précédent 94,3 % de la production de fibre ont été exportés (53 000 t), alors que le reste a été utilisé (3 200 t) par les industries locales de filature et tissage dont l'une est située à Bamako et l'autre à Segou.

Le commerce des graines se répartit ainsi :

16 820 t exportées,	
15 950 t traitées à l'huilerie de Koulikoro,	
7 950 t livrées aux organismes de développement	} alimentation du bétail
30 780 t livrées aux paysans	
8 800 t conservées comme semences.	

La construction d'une huilerie à Koutiala permettra le traitement d'environ 50 000 tonnes de graines.

LE MILIEU DE CULTURE.

Les **sols** sont de type ferrugineux tropicaux moyennement lessivés, à concrétions, dont la valeur agronomique est liée à la profondeur des concrétions et au lessivage. Les teneurs en matière organique sont faibles, voisines de 0,9 % pour la presque totalité des sols. Ils sont pauvres en azote et carencés en phosphore.

Le **climat** est du type soudanien, bien marqué par une saison sèche de 6 à 7 mois et une saison des pluies de mai à octobre. Les précipitations annuelles varient de 700 mm à Ségou à 1 300 mm dans le sud de la zone Bougouni à Sikasso.

MODE DE CULTURE.

Le cotonnier est cultivé en **rotation** avec des productions vivrières. L'assolement généralement pratiqué est du type biennal coton-sorgho. Le sorgho est remplacé totalement ou partiellement par le pénicillaire dans la partie nord de la zone cotonnière, régions de Fana, Koutiala et San ; le maïs, généralement semé en culture de case, est maintenant introduit dans la rotation dans la partie sud de la zone cotonnière où il remplace partiellement le sorgho. Il arrive rarement que le coton soit cultivé deux années de suite sur la même sole, mais par contre dans certains secteurs on rencontrera les successions : coton-sorgho-sorgho ou coton-sorgho-maïs, voire coton-sorgho-maïs-sorgho.

La culture attelée est actuellement le mode de culture dominant dans la zone cotonnière du Mali, la préparation du sol à la daba ne représentant plus que 6 % des superficies en coton et diminuant chaque année ; les labours en planches atteignent 72 % des superficies totales en 1979/80, tandis que la culture sur billons est comptée pour 22 %. On note depuis peu une introduction prudente de la petite motorisation.

L'utilisation du multiculteur pour l'entretien des cultures augmente d'année en année. En 1979/80, 74 % des superficies ont été sarclées au multiculteur et 60 % ont été buttées.

Les statistiques de la campagne 1978-1979 indiquent les conditions culturales suivantes :

- labour à plat : 69 % des surfaces cotonnières ;
- billons à la charrue : 24 % ;
- préparation du sol à la daba : 6 % ;
- superficies sarclées : 67 % des cultures attelées ;
- superficies buttées : 49 % des cultures attelées.

On préconise de semer le cotonnier de la fin de mai à la fin de juin. En fait, les semis ont lieu jusqu'à la fin de juillet car ils sont sous la dépendance des pluies qui conditionnent la préparation des terres et la mise en place des cultures vivrières. En moyenne on peut considérer que 50 % des champs sont semés au 20 juin, 75 % à la fin de juin et 90 % au 15 juillet. Les semoirs mécaniques attelés sont utilisés sur près de 20 % des champs.

Les semis sont effectués en lignes et en poquets avec des graines traitées par le cultivateur lui-même (poudre fongicide/bactéricide à base d'organo-mercurique et insecticide à base d'heptachlore ou de dieldrine incorporée aux semences par pelletage) ; il est fourni 45 kg de graines pour un hectare. On préconise un espacement de 0,8 m entre les lignes et de 0,3 sur la ligne entre les poquets semés à cinq graines ce qui, après démariage à 2 plants, donne une densité théorique de 41 650 poquets. En fait le stand est inférieur à 32 000 poquets par suite du semis plus lâche sur la ligne, des poquets manquants dus à la mauvaise levée des graines (profondeur de semis, sécheresse, variétés à plus faible pouvoir germinatif) ou à la destruction des plantules (insectes).

La **fumure organique** composée principalement de compost et de terre de parc (lieu de stabulation du bétail), est épandue à des doses de 5 à 10 t par hectares, à la fin de la saison sèche, avant les labours. La fumure minérale appelée sur place « complexe coton » comprenant 14 N, 22 P₂O₅, 12 K₂O, 8 S et 2,2 B₂O₃, est apportée à la dose de 150 kg par hectare

pour le quart des champs utilisant des engrais minéraux et de 200 kg pour les trois autres quarts. On conseille l'épandage au semis, mais dans la réalité il est exécuté dès le premier sarclage qui a lieu environ deux semaines après le semis. Un complément d'azote sous forme d'urée apporte 23 kg d'azote à l'hectare trente jours après le semis au moment du **démariage**. Il n'est utilisé que sur les surfaces ayant déjà reçu l'« engrais coton ».

La fumure du cotonnier est actuellement répartie comme suit :

- fumure organique : 27 % des surfaces ;
- fumure minérale : 82 % des surfaces dont 50 % reçoivent un complément d'urée.

Les **sarclages** sont au nombre de trois en général, le premier étant pratiqué quinze jours après le semis. Le second sarclage a lieu à trente jours, en même temps que le démariage à deux plants et l'épandage d'urée. Le troisième et dernier a lieu environ une vingtaine de jours plus tard. A ce moment le cotonnier couvre suffisamment le sol pour ne plus craindre la concurrence des adventices. Si l'on utilise des herbicides, le premier sarclage est retardé ; deux sarclages sont alors suffisants.

La déhiscence des capsules se produit en octobre et novembre, mais malheureusement les **récoltes**, faites par les hommes et auxquelles participent aussi les femmes et les enfants, se prolongent parfois jusqu'en mars.

Les achats de coton-graine sont effectués dans 2 300 centres par une cinquantaine d'équipes d'achat du 1^{er} novembre à la fin de mars. Les taux de coton acheté étaient, pour la campagne 1978/79, de 19,3 % en novembre, 28,5 % en décembre, 32,3 % en janvier, 18,1 % en février et 1,8 % en mars.

Le coton-graine est ensuite dirigé sur les centres d'égrenage de la C.M.D.T. réparties dans huit villes de la zone cotonnière : Bamako, Fana, Dioïla, Ségou, Kimparana, Koutiala (3 usines), Sikasso (2 usines) et Bougouni.

LE PARASITISME.

Les pertes dues aux insectes en l'absence de protection phytosanitaire représente, dans les conditions moyennes de fertilité de la zone cotonnière, de 500 à 700 kg/ha de coton-graine. Elles sont principalement causées par les chenilles foreuses des capsules *Heliothis armigera* et *Diparopsis watersi*, mais aussi par les *Earias spp.* et les chenilles phyllophages *Cosmophila flava* et *Spodoptera littoralis*, ainsi que par divers insectes piqueurs actifs pendant toute la période de végétation de la plante

Empoasca spp. *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci* et plusieurs espèces de Mirides.

La tactique de lutte est fondée sur un programme systématique de cinq applications d'insecticides se succédant à deux semaines d'intervalle à partir du début de la floraison du cotonnier. Ce programme de lutte chimique s'appuie d'autre part sur les méthodes culturales : semis avant le 20 juin, bon entretien des cultures, récolte précoce du coton-graine, arrachage et destruction des cotonniers et débris après les récoltes, et aussi sur la sélection de variétés à pilosité foliaire moyenne peu sensibles aux attaques des *Empoasca* mais ne permettant pas le développement des pucerons.

Jusqu'en 1976 les traitements insecticides étaient appliqués en pulvérisations de 100 litres de bouillie à l'hectare environ. Depuis cette date on a introduit la pulvérisation en U.L.V. avec des appareils à piles utilisant 2 à 4 litres par hectare d'une formulation prête à l'emploi. En 1979, 28 % des surfaces cotonnières furent traitées à raison d'un peu plus de quatre traitements (moyenne 4,15).

Les produits utilisés sont :

— soit des formulations binaires ou ternaires (organochlorés et organophosphorés) :

monocrotophos-DDT depuis 1976 ;
endosulfan-DDT-méthylparathion depuis 1977 ;
dialifos-DDT depuis 1978 ;

— soit, depuis 1979, des insecticides du groupe des pyrèthri-noïdes :

décaméthrine ;
fenvalérate ;
cyperméthrine.

LES VARIÉTÉS.

Les premières variétés de N'Kourala utilisées en culture pure firent leur apparition en 1950, en particulier 42-5, et 44-10 provenant du Tchad. Puis, les Allen améliorés prirent la suite, A 49 T et Allen 151 du Tchad et 333-6 du Cameroun, pour être remplacés, en 1965, par le BJA 592, puis le **BJA SM 67**.

La variété **B 163**, hybride de BJA 592 et de HL 27, créée à Bambari (R.C.A.) fut expérimentée au Mali dès 1972 ; elle a été multipliée à partir de 1978 et doit couvrir toute la zone cotonnière en 1981. La supériorité de la production de ces variétés par rapport à l'ancienne A 333-57, maintenant disparue, est

d'environ 25 % en coton-graine pour BJA SM 67 et 35 % pour B 163.

	Variétés en culture :	
	BJA. SM 67	B 163
Rendement à l'égrenage %.....	38,6	40,1
Fibrographe 2,5 % SL mm.....	28,3	28,4
Tenacité Pressley, 1000 PSI.....	86,0	84,8
Allongement % (stélomètre).....	6,7	6,9

HAUTE-VOLTA.

La culture cotonnière n'est pas d'introduction récente en Haute-Volta puisqu'elle existait antérieurement à la présence française. L'artisanat local utilisait les fibres de cotonniers très rustiques du genre *G. hirsutum* var. *punctatum* et *G. arboreum* d'origine asiatique. On trouvait encore des cultures familiales de ce type après la seconde guerre mondiale ; elles n'avaient cependant qu'un intérêt mineur puisqu'elles ne donnaient lieu qu'à de faibles mouvements commerciaux internes et internationaux.

A partir de 1955 toutefois la production s'organise et les agriculteurs, mieux encadrés, commencent à appliquer les résultats les plus récents de la recherche : variétés adaptées, lutte contre les ravageurs, emploi de la culture attelée et utilisation des engrais.

La production modeste en 1956 (2 600 tonnes de coton-graines) suit une progression lente mais constante pour dépasser largement vingt fois celle-ci à l'heure actuelle.

Le coton en Haute-Volta est un facteur important du progrès de l'agriculture et de l'aisance des populations rurales.

Les sols bruns et les sols ocres de la série schisteuse du Birrien sont particulièrement propices aux cultures.

Quant au *climat*, il est du type soudano-sahélien avec des pluviométries très fluctuantes d'une année sur l'autre. La répartition des pluies en cours d'année, plus que la quantité totale, détermine la réussite ou les mauvais résultats d'une campagne. Les cultures sont localisées dans les régions comprises entre les isohyètes 800 et 1 200 mm. Les précipitations s'échelonnent d'avril à octobre, soit une saison d'hivernage de sept mois.

MÉTHODE DE CULTURE.

Au cours de cette dernière décennie on a assisté à l'abandon progressif de la culture coutumière correspondant à l'association

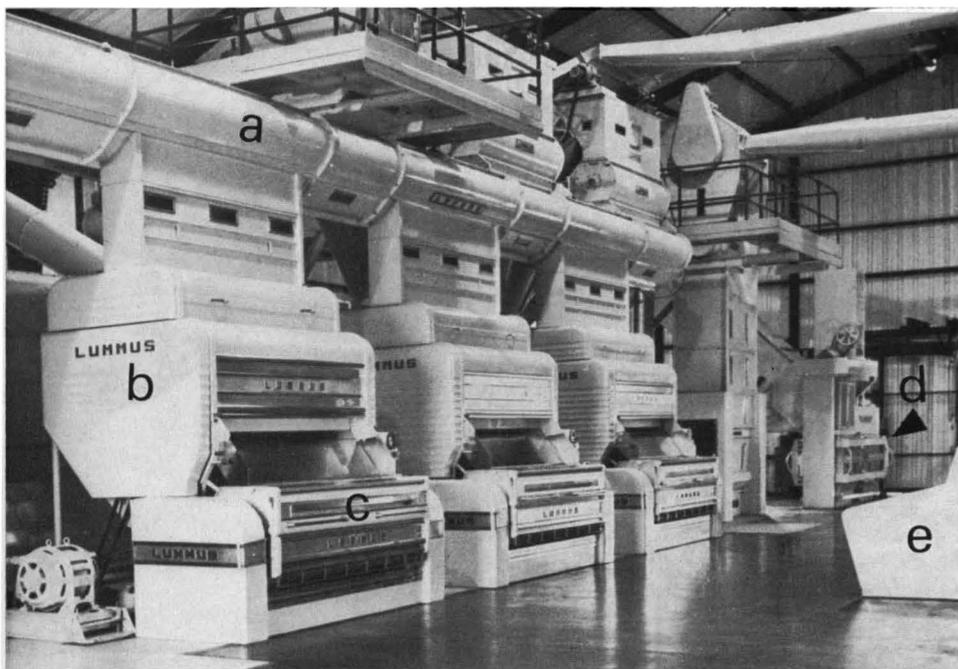
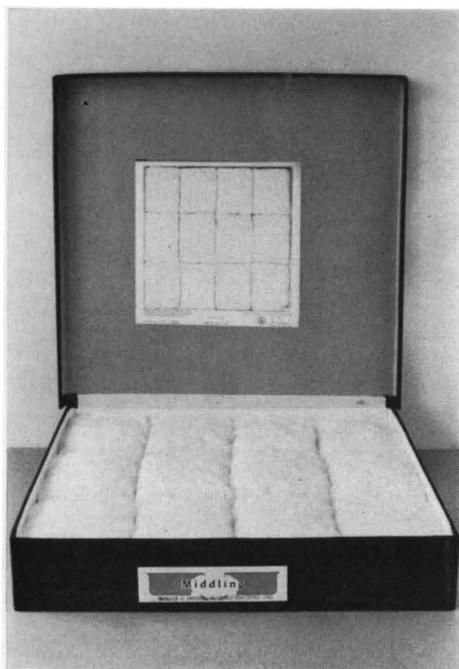


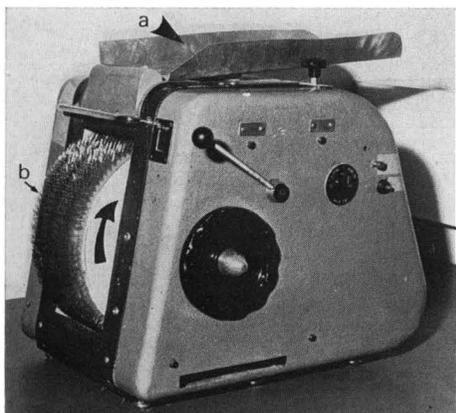
FIG. 72. — Usine d'égreneuses à scies : (a) distributeur, (b) alimenteur-extracteur-nettoyeur, (c) égreneuse, (d) presse à coton, (e) console de commandes centrales (C.F.D.T.).



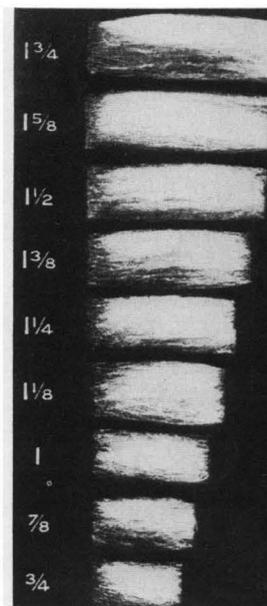
PH. 73. — Standard Universel « Middling » : les divisions correspondent aux fibres récoltées dans les diverses régions américaines.



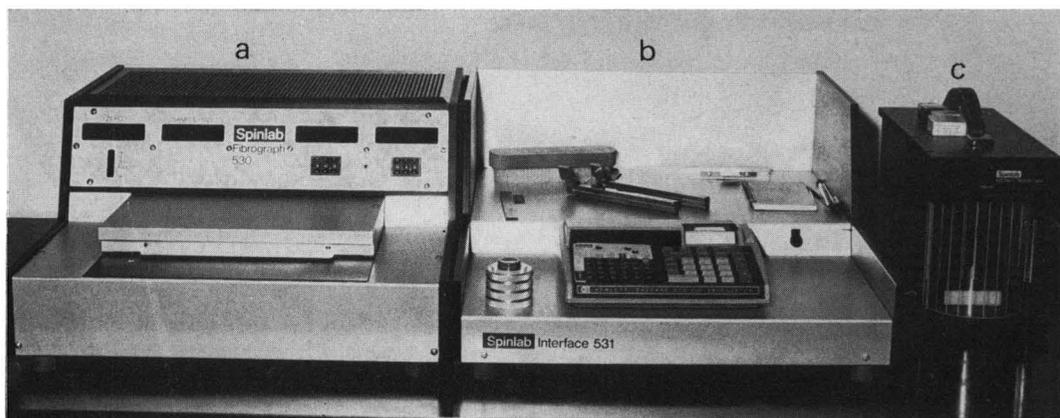
PH. 74. — Balles de 500 livres : la prise d'échantillon pour l'expertise commerciale se fait parfois, comme ici, par prélèvement direct.



PH. 75. — Mèches de pulling du classeur ordonnées par longueurs en inch.



PH. 76. — « Blender » ou mélangeur de fibre : (a) arrivée de la fibre, (b) carde homogénéisatrice (J. GUTKNECHT).



PH. 77. — (a) Fibrographe 530, (b) interface 531 pour calculs et mise en mémoire et (c) balance électronique pour l'estimation de la maturité (J. GUTKNECHT).

coton-sorgho en général, au bénéfice de la culture pure. En outre, l'agriculture évolue vers l'emploi de plus en plus fréquent de la traction animale (bœuf) et la généralisation des traitements insecticides et des engrais.

TABLEAU XLIX

Production cotonnière en Haute Volta

CAMPAGNE	COTON GRAINE (t)	SURFACES (ha)	PRODUCTION coton-graine (kg/ha)	FIBRE (t)
1960-61.....	2 605	22 500	116	1 000
1965-66.....	7 640	49 700	150	2 523
1970-71.....	23 484	80 557	292	8 425
1971-72.....	28 128	74 056	380	10 402
1972-73.....	32 574	70 058	465	11 951
1973-74.....	26 669	66 601	400	9 833
1974-75.....	30 563	61 520	497	11 328
1975-76.....	50 695	68 005	745	18 168
1976-77.....	55 253	79 215	698	20 243
1977-78.....	38 043	68 767	554	13 902
1978-79.....	60 003	71 714	836	22 347
1979-80*	69 550	82 250	846	26 000

* Préliminaires.

Les champs sont labourés assez profondément en mai et lorsqu'il y a de la fumure organique disponible l'agriculteur en profite pour l'enfourir lors de cette opération.

Les **semis** se font à plat en ligne, ou en poquets de 5 à 7 graines, vers le 15 juin après que la terre se soit bien mise en place. Les **écartements** pratiqués sont de 0,70 m à 0,80 m entre lignes et 0,3 m à 0,4 m entre poquets.

Les **entretiens** culturaux consistent en un premier sarclage deux à trois semaines après semis suivi à une semaine d'un démariage à deux plants et d'un buttage. Par la suite, suivant l'importance de la flore adventice, on pratique deux à trois sarclages. L'emploi des herbicides n'est pas encore vulgarisé, mais ils seront appelés à soulager l'agriculteur d'entretiens contreignants qui font obstacle à une extension des surfaces.

La **fumure minérale** est constituée du complexe 14N-21P-14K-6S-2B épandu à la dose de 150 kg à l'hectare et suivi au démariage d'un épandage d'urée de 50 kg à l'hectare.

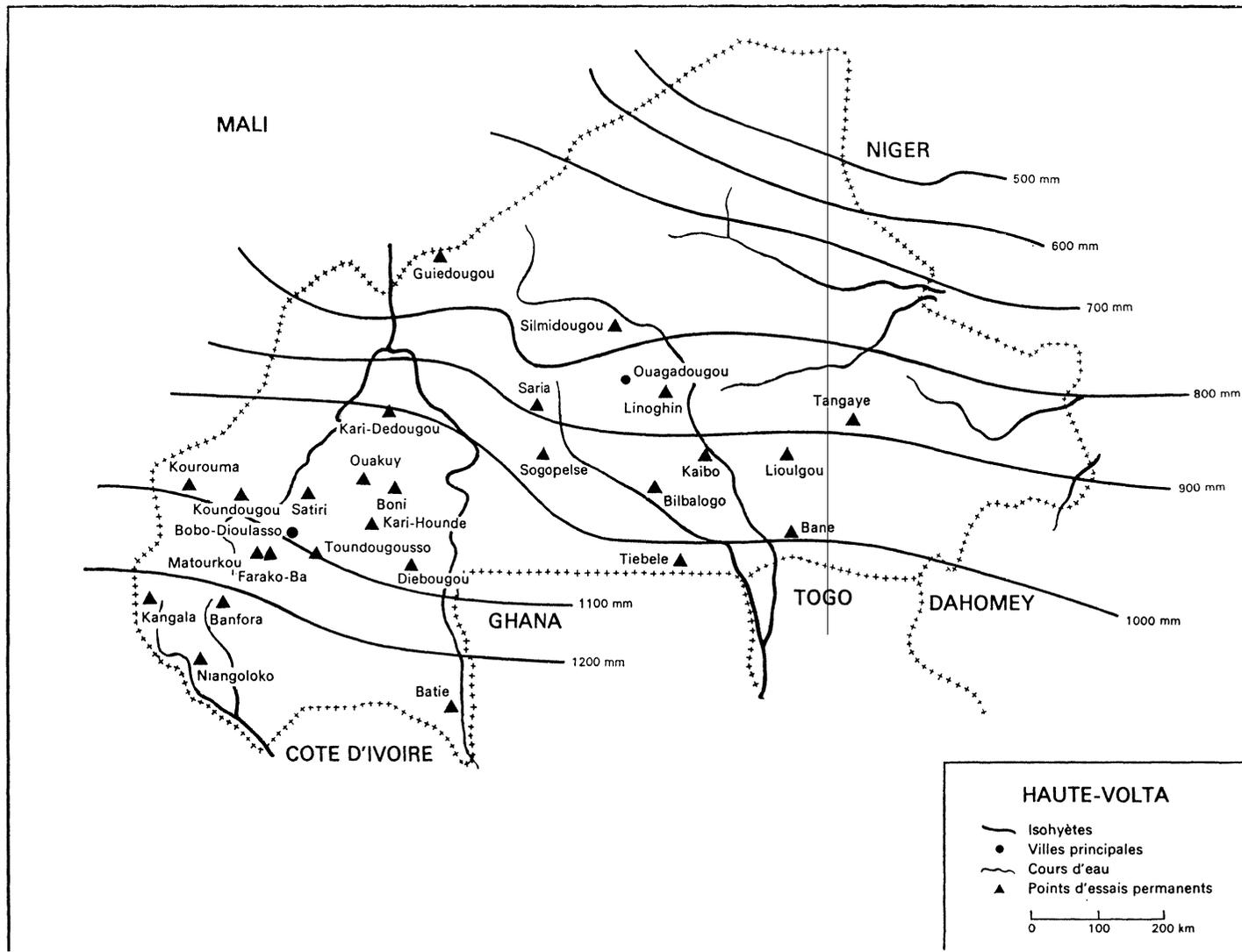


Fig. 82 — Régions cotonnières de la Haute-Volta

La récolte totale se fait par deux ou trois passages de la main-d'œuvre, presque toujours familiale, dans les cotonneraies* à partir de mi-octobre jusqu'en mi-décembre. La pratique de la récolte séparée du coton blanc et du coton taché est assez respectée.

Les restes de culture sont ensuite éliminés en coupant les tiges sous le collet et en les brûlant avec tous les débris végétaux.

PROTECTION DES CULTURES.

Parmi les ravageurs du cotonnier citons ceux ayant une incidence économique défavorable certaines années : *Heliothis*, *Diparopsis* et *Platyedra*. D'autre part, signalons que c'est en Haute-Volta que les premières observations de virescence ont été effectuées. Cette affection a eu une extension qui fut alarmante à une époque où l'on ne connaissait ni l'agent causal (mycoplasme), ni les insectes vecteurs (cicadelles : *orosius*).

Pour lutter contre ces ravageurs et vecteurs, on utilise en général un mélange d'endosulfan-DDT-méthyl parathion (Peprothion) à la dose, en traitement classique, de 2 litres à l'hectare pour les deux premiers traitements, 2,5 litres à l'hectare pour les troisième et quatrième, et 3 litres à l'hectare pour les cinquième et sixième. Leur dilution dépend du matériel utilisé. On emploie également, en quantité beaucoup moindre, l'Endrine-DDT-méthyl parathion et sur un millier d'hectares environ monocrotophos DDT. D'après les premiers essais de ces dernières années il semble que les agriculteurs soient très intéressés par les traitements ultra-bas-volume (U.L.V.). On lutte également en utilisant les pyrethrinoides, en l'occurrence la decamethrine, à la concentration de 25 g par litre à raison de 0,5 à 0,75 l à l'hectare, soit 12 à 18 g de matière active à l'hectare.

LES VARIÉTÉS.

Les variétés utilisées en zone est doivent avoir une meilleure adaptation aux climats secs et variables que ceux de la zone ouest où la culture se fait avec beaucoup plus de facilité. A l'heure actuelle on enregistre 90 à 95 % de la production en zone ouest.

En zone est le cotonnier occupe 9 900 ha dont 3 100 ha cultivés avec la variété la plus ancienne **444-2**, 3 400 ha en **Coker 417** qui se substitue progressivement à la précédente et 3 400 ha en **SR 1 F 4**. Les très bons résultats obtenus avec cette dernière variété ont incité la Haute-Volta à en généraliser la culture dans toute la zone à faible pluviométrie.

* On devrait écrire : cotonneries (Larousse dixit), mot non confirmé par l'usage.

En zone Ouest, le **BJA SM 67** qui couvrait 60 000 ha est actuellement en cours de substitution par la variété **MK 73** de production supérieure, à fibre nettement plus longue et de résistance sensiblement équivalente. La meilleure maturité de la fibre se retrouve dans les avantages de filature.

TABLEAU L

Analyses variétales en Haute Volta

CARACTÈRES ANALYSÉS	ZONE EST		ZONE OUEST	
	444-2	SRI F4	BJA. SM67	MK 73
Rendement en : coton-graine, kg/ha	1 226	1 315	1 800	1 873
Fibre, kg/ha.....	506	536	718	764
% fibre.....	41,3	40,8	39,9	40,8
Longueur 2,5 % SL, mm.....	28,2	27,8	27,9	29,3
Micronaire.....	4,04	4,62	4,43	4,47
Maturité : % fibres mûres.....	75,9	78,8	78,4	81,2
Pressley 1.000 PSI.....	89,5	89,4	86,5	85,6

Les productions sont achetées aux agriculteurs en coton-graine sur 2 200 centres d'achats ou marchés. Ceux-ci ont lieu deux fois durant les récoltes.

COTE D'IVOIRE.

L'artisanat local se fournissait en fibre de coton bien avant le début de ce siècle grâce aux cultures dites de cases : quelques plantes disséminées de-ci de-là autour des habitations ou mélangées à d'autres cultures. La production cotonnière ne commença à prendre un intérêt spéculatif qu'à partir des années vingt (1923).

De cette époque et jusqu'en 1959 la production fut très irrégulière parce que l'on n'avait aucun moyen véritablement efficace pour protéger les cultures contre les ravageurs. La coutume des cultures cotonnières associées à de nombreuses plantes vivrières (igname, maïs, riz, mil, manioc, gombo, etc.) rendait les probabilités de récoltes aléatoires, de nombreux ravageurs étant communs à plusieurs plantes et les exigences culturales souvent contradictoires entre chacune d'elles. Seules les variétés de l'espèce *G. barbadense*, plus rustique s'accommodant naturellement mieux

du parasitisme existant, prirent une certaine importance. Les nombreuses tentatives de culture du *G. hirsutum* pur ou associé ont toujours conduit à des échecs en milieu paysan. Le dernier constat en date à partir duquel on commença à envisager les traitements insecticides conduisant à un changement radical dans le mode de culture fut dressé en 1952; les associations avec des plantes vivrières devenaient impossible en raison des dangers que représentait la toxicité des produits de lutte pour l'alimentation humaine.

Ce n'est qu'à partir de 1959 que les premières variétés de type Allen furent vulgarisées en culture pure concurremment avec l'emploi de protection des cultures en milieu paysan. A partir de là, l'essor de la production fut très rapide et continue comme le démontre le tableau LI. A l'heure actuelle, avec sa production de plus de cinquante mille tonnes de fibre la culture cotonnière est une spéculation agricole importante de l'économie ivoirienne liée à une évolution sans précédent de l'aisance des populations paysannes.

TABLEAU LI

Production cotonnière commercialisée en Côte-d'Ivoire

CAMPAGNE	COTON-graine (t)	SURFACES (ha)	RENDEMENT coton-graine (kg/ha)	FIBRE (t)
1960-61.....	69	137	501	28
1965-66.....	9 125	11 768	775	3 631
1970-71.....	29 316	35 867	817	11 653
1971-72.....	48 527	51 400	944	19 744
1972-73.....	52 798	56 495	936	21 356
1973-74.....	58 465	58 187	1.005	23 075
1974-75.....	59 939	58 756	1.020	23 931
1975-76.....	65 042	65 475	993	26 247
1976-77.....	71 373	64 767	1.164	30 733
1977-78.....	102 929	87 549	1.176	41 406
1978-79.....	114 886	107 245	1.072	46 710
1979-80*.....	136 455	122 983	1.110	55 500

* Préliminaire.

La climatologie de la Côte-d'Ivoire évolue du type Soudanien au Nord au type Guinéen au Sud. La première se caractérise par une seule saison humide de 800 à 1 200 mm de pluie de mai à

octobre, la seconde par une petite saison pluvieuse de 400 à 600 mm de mars à juillet précédant une grande saison des pluies de 500 à 700 mm d'août à novembre.

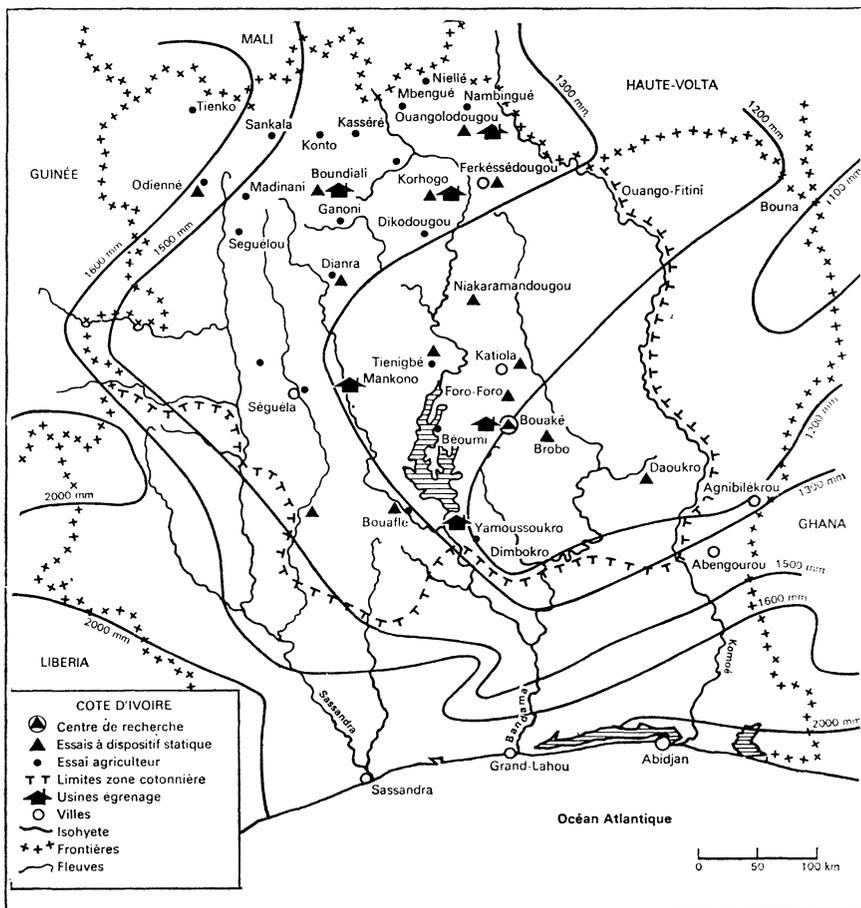


FIG. 83. — Régions cotonnières de la Côte-d'Ivoire.

La petite saison sèche inexistante au Nord est de durée et d'importance aléatoires chaque année en se dirigeant vers le Sud. On peut donc considérer que la climatologie ivoirienne en zone cotonnière est capricieuse rendant de ce fait la culture difficile tout au moins dans ses débuts.

Les sols sont extrêmement hétérogènes, pour la plupart du groupe ferrallitique, les sols ferrugineux tropicaux ne se rencontrant qu'à l'extrême Nord.

Les caractéristiques dominantes de ces sols peuvent se résumer à :

- la présence de gravillons très nombreux, davantage sur schiste (30 % des surfaces) que sur granite ;
- une couche arable peu profonde car il y a induration à partir de 40 à 60 cm ;
- une texture générale à tendance grossière et la présence de gravillons qui sont l'indice de réserve en eau relativement faible.

L'incidence de la climatologie, l'importance et la durée de la petite saison des pluies seront donc déterminantes, aussi bien pour la réussite culturale des productions avant coton que pour celui-ci.

MÉTHODE DE CULTURE.

La production cotonnière suit une lente et continue progression de ses techniques vers l'intensification sur toutes ses formes. La culture manuelle, qui était pratiquée sur 96 % des superficies en 1970, ne représente plus maintenant que 78 % de celles-ci, alors que dans le même temps la culture attelée qui a fait son apparition en 1972 occupe actuellement 17 % du total, la culture motorisée ayant peu évolué ; nous assistons à l'apparition de la petite motorisation. Quant à la fertilisation elle ne devait être envisagée qu'en association avec les traitements insecticides. Sa pratique a bénéficié de l'encadrement très efficace de la production cotonnière et s'est généralisée très rapidement.

La **préparation des terres** est effectuée en début de la saison des pluies. Dans le cas où le cotonnier est précédé d'une culture vivrière en premier cycle pluvial on procède à un ameublissement en second cycle avant le semis. En culture manuelle les semences sont disposées en paquets sur billons. L'écartement entre les lignes est d'environ 0,80 m et entre poquets de 0,20 m. Quel que soit le type de culture envisagé les dates optimales de **semis** sont identiques :

- début juin en zone Nord ;
- 20 juin au 15 juillet en zone intermédiaire ;
- juillet au 15 août dans le centre et le Sud, c'est-à-dire en début du second cycle pluvial de l'année.

Les graines sont préalablement traitées avec un fongicide avant d'être distribuées aux agriculteurs.

Le **démariage** à deux plants a lieu environ trois semaines après le semis et il est suivi de deux **sarclages**.

Toutes les cultures reçoivent la **fumure** du complexe NPKSB de 10-18-18-7-0,4 à raison de 200 kg à l'hectare pour les sols les plus fertiles et 300 kg pour ceux les moins pourvus en matière organique. Pour la dose d'emploi on tient également compte du degré d'intensification de la culture considérée afin de préserver la rentabilité de la production de l'agriculteur. Un complément de 50 kg d'urée à l'hectare au moment de la floraison devrait être généralisé mais n'est encore utilisé que sur les trois quarts des surfaces.

La **récolte**, effectuée à la main, a lieu de novembre à fin décembre dans le Nord, de fin décembre à mi-février dans les autres zones. Une expérience de récolte mécanique au « cotton-picker » a eu lieu en 1973 sur petite surface et a donné de bons résultats. Il faut noter cependant que les structures agricoles, ainsi que de nombreux autres facteurs (usine, variétés), ne sont pas encore adaptés à la généralisation de son emploi.

En fin de culture les cotonniers sont arrachés et incinérés sur le champ.

PARASITISME.

Le parasitisme sur le cotonnier en Côte-d'Ivoire est varié et intense. On doit considérer trois zones distinctes pour les traitements contre les ravageurs.

Ligne Ferkessedougou-Korhogo-Odienné

— Au nord de cette ligne, le parasitisme végétatif est à base de jassides (*Empoasca*) et le parasitisme fructifère de *Diparopsis watersi* durant toute la saison, *Pectinophora gossypiella* et *Cryptophlebia leucotreta* en fin de saison. On lutte contre ces insectes par cinq traitements, dont deux durant la phase végétative, à base d'Endrine DDT-méthyl parathion (255-1 200-255) ou Azynphos-Decis (400-10) et trois durant la fructification à base de pyrethrinoides (Decis, Cymbush, Ripcord ou Belmark).

— Au Sud de cette ligne, mais dans la zone à une saison des pluies, on assiste depuis cinq ans à la multiplication des foyers à *Hemitarsonemus latus* qui devient le ravageur dominant de la phase végétative. La protection doit comprendre au cours de cette phase des organophosphorés tels Triazophos, Azynphos et Curacron.

— Zone Centre et Sud : soit les régions à deux saisons des pluies, l'importance de *Hemitarsonemus latus* est de plus en plus grande en phase végétative. On note de fortes infestations de *Cosmophila flava* principalement dans les zones préforestières

mais le parasitisme fructifère est dominé par *Heliothis armigera*. *Diparopsis watersi*, *Pectinophora gossypiella* et *Cryptophlebia leucotreta* sont parfois très virulents, particulièrement sur les semis précoces de la petite saison des pluies (juin). *Earias insulana* et *Earias biplaga* sont également responsables de fortes infestations.

On voit donc par cette énumération que la pression parasitaire est toujours très forte en Côte-d'Ivoire et l'on peut noter que l'extension de la culture cotonnière a été liée aux efforts d'organisation de la lutte. Jusqu'en 1976, la totalité des applications insecticides s'effectuait par pulvérisation à l'aide d'appareils à dos à raison de 120 litres de mélange à l'hectare. En 1977, les traitements U.L.V. ont fait leur apparition et ont connu de suite la faveur des agriculteurs. On notait déjà plus de 20 000 hectares ainsi traités en 1978 avec des prévisions pour la totalité de la culture vers 1983.

Les traitements sont effectués suivant un calendrier préétabli. En 1979, on recommande :

— deux traitements en phase végétative de triazophos-cypermethrine (350-50) ou Azynphos-decamethrine (400-15) ;

— durant la fructification quatre applications de decamethrine (Decis à 18,75) ou son équivalent en pyrethrinoides de diverses marques (Cymbush, Ripcord, Belmark).

LES VARIÉTÉS.

Les variétés vulgarisées actuellement en Côte-d'Ivoire ont été créées grâce à des recherches poussées en génétique ; leurs origines se situent parmi des triple-hybrides du type *Gossypium hirsutum* × *G. arboreum* × *G. raimondii* (HAR). Ainsi les cultivars de **L 299-10**, diffusés d'abord dans l'Ouest et le Centre ont par la suite remplacé le **L 231-24** dans le Nord. La variété **T 120-77** est apparue en commercialisation en 1979.

Moyenne de quatre années	L 299-10	T 120-77
Rendement en coton-graine kg/ha	2080	2170
Rendement en fibre.....kg/ha	861	905
% fibre	41,4	41,7
Longueur 2,5 % SL.....mm	29,4	30,1
Micronaire : I.M.	4,1	4,1
Pressley : 1.000 PSI	82,6	82,8

LUTTE CONTRE LES PLANTES ADVENTICES.

L'extension des cultures cotonnières et leur introduction dans des systèmes agricoles que l'on essaie de stabiliser implique que l'on apporte une solution technique valable au desherbage du cotonnier. L'intensification de la lutte contre les adventices est indispensable pour permettre une amélioration de la production et éviter que les terres soient abandonnées après quelques années quand l'envahissement par les herbes devient un travail trop astreignant pour s'en débarrasser.

La méthode la plus naturelle est de faire précéder la culture cotonnière dans la rotation par une culture nettoyante telle que, par exemple, maïs-niébé. Cela n'étant pas toujours possible on s'est aussi adressé à la lutte chimique dont l'utilisation n'a été rendue pratique que par le développement des techniques d'application à volume réduit.

Les produits utilisés depuis une dizaine d'années, et qui ont montré une bonne efficacité, sont tous des produits de préémergence tels que Trifluraline (960 g de m.a. par ha), Dinitramine (720 g de m.a. par ha) utilisés avant semis ou en post-semis comme la Penoxaline (1 320 g m.a. par ha), la Butraline (2 200 g m.a. par ha), le Fluometuron (1750 g. m.a. par ha), la Dipropetryne (3 200 g m.a. par ha) ou le mélange Dipropetryne et metholachlore.

Bien que la lutte chimique contre les plantes adventices soit réservée aux agriculteurs d'un bon niveau de technicité on notait en 1979 près de 3 % des surfaces cotonnières traitées au Fluometuron (3 600 ha) et l'on envisage sa progression en 1980 pour atteindre environ 15 000 ha.

TOGO.

L'artisanat togolais existe depuis très longtemps ainsi que la filature et le tissage sur des métiers rudimentaires. Ces petits métiers ne s'approvisionnent que de la production locale. Il semble que la plus longue tradition culturelle ait été surtout localisée dans le sud togolais, région où la production a quasi disparu.

On signale dans les ouvrages commerciaux que de 1865 à 1870 le Togo expédiait par voiliers à Liverpool une dizaine de tonnes mensuelles de fibre provenant de la côte.

Dès 1889 une station de recherche fut créée par les Allemands où furent étudiées les variétés locales et les variétés américaines. Les résultats furent décevants et tout projet de culture cotonnière a été abandonné jusqu'à la création par l'I.R.C.T. en 1948 d'une station spécifiquement cotonnière aux environs d'Anié (Koloko).

Cette production a donc subi des fluctuations très diverses depuis ses origines, aussi peut-on la diviser en quatre grandes époques :

— avant 1920 = coton presque uniquement d'utilisation locale ; culture de case ;

— 1920-1950 = coton provenant, entre autre, de cultures de Togo Sea-Island (*G. barbadense*), Budi (*G. herbaceum*), toutes capables de croître sans protection sanitaire particulière et bien adaptées à la culture en association sur grosses buttes avec riz, maïs, igname, manioc en général. La production se situait entre 3 000 et 5 000 tonnes de coton par an. Celle-ci à fibre courte était grossière et de maturité élevée ; le rendement à l'égrenage ne dépassait pas 32 à 33 % ;

— 1950-1965 = cette période est marquée par la création du cultivar Mono par l'I.R.C.T. qui est une sélection effectuée dans une population de la variété Ishan, originaire de Nigeria, et qui apportait une très nette amélioration du rendement en fibre (près de 7 %) et de la longueur (6 mm). La production encore fluctuante accroissait cependant sensiblement son tonnage. L'association avec maïs, igname, riz semblait bien convenir au Mono.

— à partir de 1965 l'introduction de la variété Allen, corollairement à la vulgarisation des traitements insecticides, marque une nouvelle étape par l'abandon progressif des cultures associées. Le Mono, après s'être maintenu jusqu'en 1975, n'existe plus que sur de très faibles surfaces. Celles-ci sont d'ailleurs difficiles à évaluer car le nombre de plants à l'hectare est extrêmement fluctuant d'un agriculteur à un autre.

Les variétés de *G. hirsutum* bien adaptées aux nouvelles conditions culturales du Togo, prennent de l'extension. La première de toutes fut l'**Allen 333**. La culture prend progressivement une allure intensive avec l'application de traitements insecticides et l'épandage d'engrais, le coton entrant en rotation avec les cultures vivrières. L'aire de culture s'étend pour atteindre actuellement la presque totalité du pays sauf la partie maritime. La production reste cependant dans de modestes limites.

La climatologie du Togo est de type soudanien au Nord et guinéen au Sud.

MÉTHODE DE CULTURE

La **culture associée** se pratique sur de grosses buttes de terre sur lesquelles les agriculteurs disposent les divers plantes qui

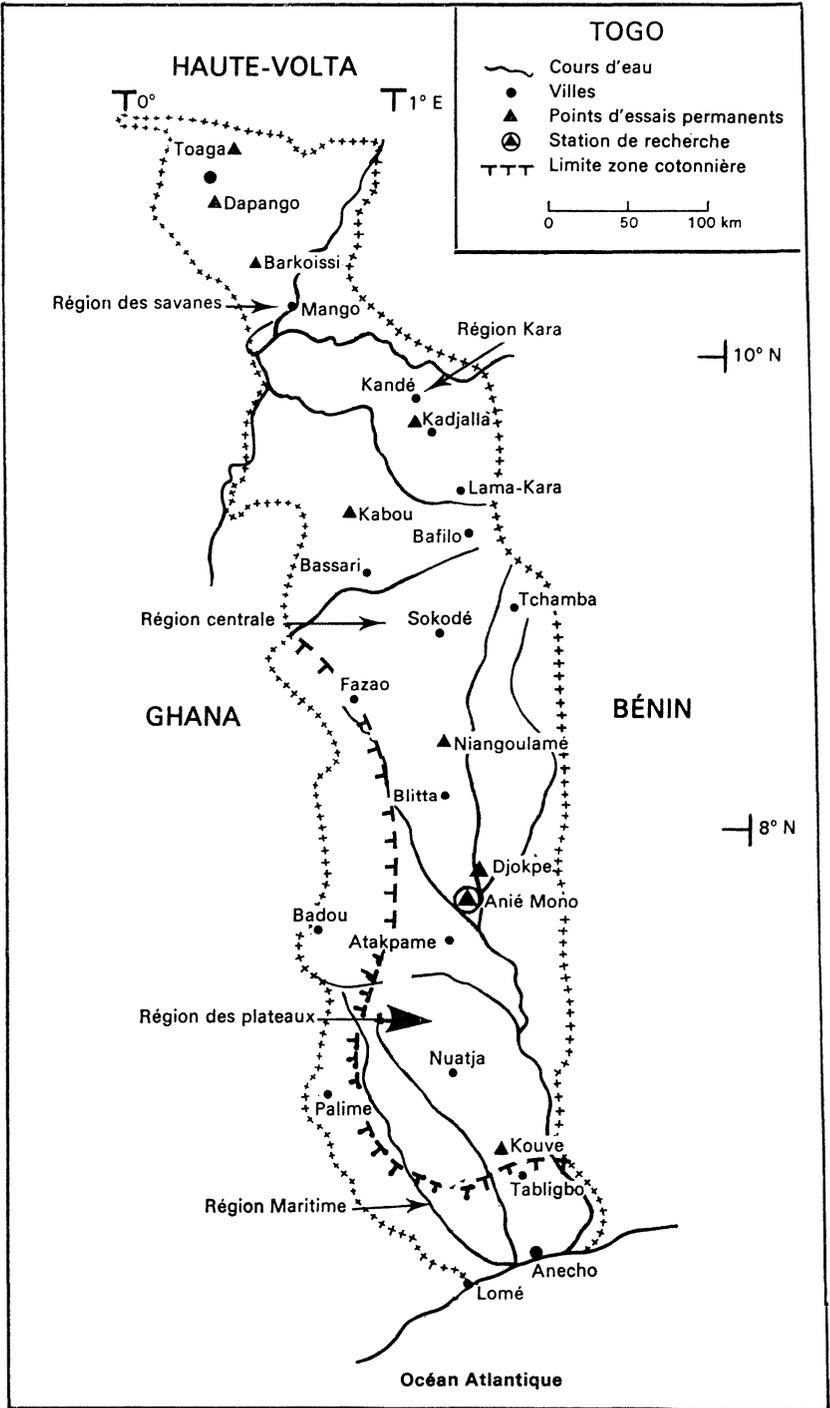


FIG. 84. — Régions cotonnières du Togo.

forment l'association (riz, maïs, igname). En général il y a environ 14 000 plants de cotonniers à l'hectare. On procède à deux sarclages durant la saison des pluies. La récolte a lieu en janvier.

En ce qui concerne la **culture pure**, qui ne concerne que le *G. hirsutum*, la **préparation des sols** commence par un labour léger soit manuel, soit à traction animale peu de temps avant le semis et le billonnage.

TABLEAU LII

Production cotonnière du Togo

ANNÉES	ESPÈCES CONFONDUES		<i>G. hirsutum</i> SEUL	
	Coton-graine (t)	Fibre (t)	Surfaces (ha)	Coton-graine (kg/ha)
1965-66.....	8 172	2 886	406	473
1970-71.....	5 561	2 090	4 213	771
1971-72.....	7 070	3 089	9 093	641
1972-73.....	5 885	2 196	7 493	604
1973-74.....	8 784	3 224	9 671	720
1974-75.....	10 648	4 089	14 603	655
1975-76.....	9 772	3 500	18 784	482
1976-77.....	7 063	2 886	8 958	700
1977-78.....	4 537	1 770	6 649	619
1978-79.....	13 376	5 140	15 473	782
1979-80*.....	19 814	7 962	26 310	738

* Préliminaire.

Le **semis** est assez différent suivant la zone et les modalités pluviométriques : dans la première quinzaine de juin au Nord dans les régions dites Kara et des savanes, deuxième quinzaine de juin au centre et durant la première quinzaine de juillet sur la région des plateaux et la partie nord de la zone maritime.

Les **écartements** entre billons sont de 0,70 m en culture manuelle légèrement plus (0,80 m) en culture attelée. Entre poquets, on ménage en général un espace de 0,2 m sauf dans le Sud où l'écartement est doublé (0,40) en raison du développement végétatif des cotonniers.

Le **démariage** se fait à deux plants généralement trois semaines après le semis ; il est immédiatement suivi d'un premier sarclage puis d'au moins deux autres ; il importe que les sols soient maintenus très propres.

La **fertilisation** adoptée tient compte des disponibilités réduites des sols en phosphore et potasse et des carences zonales qui sont apparues. Les formules arrêtées sont les suivantes :

— 200 kg par hectare du complexe NPKSB de (15-25-15-5-1,8) pour les savanes Kara et le Centre ;

— 150 kg par hectare de la même formule au Sud.

On conseille de faire suivre l'épandage, exécuté au semis, par 50 kg d'urée à l'hectare environ quarante jours après la levée.

La **récolte** s'effectue à la main de mi-novembre à fin décembre pour les zones nord, période qui se prolonge jusqu'en janvier au sud. Les agriculteurs sont accoutumés à ne faire que deux récoltes en général.

LA DÉFENSE DES CULTURES.

Le parasitisme toujours très présent est plus particulièrement violent dans le sud. Tout ce qui a été dit sur celui de la Côte-d'Ivoire reste valable au Togo où les ravageurs sont les mêmes. L'importance de leurs populations marque cependant des dissemblances annuelles. Notons les incidences en zone nord d'*Empoasca spp.* et *Diparopsis watersi*, au centre d'*Hemitarsonemus latus*, et dans le Sud de *Cosmophila flava* et *Heliotis armigera*. On rencontre également des populations d'importance inégale suivant les années de *Pectinophora gossypiella*, *Earias insulana* et *E. biplaga*.

Dans le Nord du Togo on a signalé des cas de virescence du du cotonnier sans incidence économique estimable jusqu'à maintenant.

Les traitements insecticides en U.L.V. rencontrent l'accueil favorable des agriculteurs et se substituent de plus en plus souvent aux pulvérisations traditionnelles.

La combinaison généralisée est composée d'endosulfan-DDT-méthylparathion à la concentration 216-300-108 (Peprothion). On utilise également la décaméthrine à raison de 20 g de matière active par hectare.

LES VARIÉTÉS.

La variété **L299-10** résélectionnée et diffusée sous le nom de **BOU** au Togo est cultivée sur l'ensemble du pays. Elle a remplacé avantageusement **Allen 333** :

	BOU	ALLEN 333
% fibre.....	43,5	37,5
Longueur 2,5 % SL mm.....	29,3	28
Micronaire IM.....	4,3	4,3
Stelomètre - ténacité (g/tex).....	28 (T1)	21,- (T0)
allongement %.....	7,3 (E1)	6,7 (E0)
Pressley : 1.000 PSI.....	85,5	81,1

BENIN.

La production cotonnière de la République Populaire du Bénin est de tradition rurale très ancienne plus particulièrement celle des régions centrales. Les similitudes des climats et des conditions culturales avec le Togo ont conduit dans le passé à une évolution assez parallèle de la production cotonnière. Jusqu'en 1952 on ne cultivait que des variétés du *G. barbadense* péruvien, Ishan puis Mono en association avec des plantes vivrières. L'introduction d'une variété de l'espèce *G. hirsutum*, conduite en culture pure, date de 1953. Les très bons résultats obtenus avec cette dernière de type *Allen* conduisirent à la réduction progressive des surfaces cultivées en Mono puis son abandon quasi total en 1971. On n'a cultivé conjointement les deux espèces *G. barbadense* et *G. hirsutum* que durant la période 1953-1970.

TABLEAU LIII

Production cotonnière de Bénin

Années	Coton-graine t.		Surfaces (ha)	Rendement coton graine (kg/ha)	Fibre totale (t)
	<i>G. barbad.</i>	<i>G. hirsutum</i>			
1960-61.....	1 985	890	—	—	1 100
1965-66.....	2 344	4 017	—	—	2 400
1970-71.....	88	35 967	38 957	925	13 728
1971-72.....	0	47 252	54 383	869	18 155
1972-73.....	0	49 999	56 170	890	19 000
1973-74.....	0	44 575	52 860	843	16 900
1974-75.....	0	32 500	48 448	670	12 350
1975-76.....	0	20 100	31 667	635	7 640
1976-77.....	0	19 440	23 780	817	7 179
1977-78.....	0	14 030	21 075	665	5 575
1978-79.....	0	18 370	25 669	715	6 900
1979-80.....	0	19 427	26 540	732	7 200

La production cotonnière a atteint son maximum en 1972 avec 50 000 tonnes mais ne s'est pas maintenue à ce niveau en raison de périodes climatiques successives particulièrement défavorables, d'un mauvais contrôle phytosanitaire et des besoins urgents à satisfaire en production vivrière.

Le Bénin peut-être divisé sous l'angle de la climatologie et du sol en trois zones :

— une zone nord a une saison des pluies de juin à octobre constituée par des sols ferrugineux souvent très lessivés fortement carencés en phosphore ;

— une zone centrale comprenant le sud Borgou et le Zou Nord, a une seule saison des pluies de mars à novembre, constituée par des sols ferrugineux carencés en phosphore et parfois en potassium ;

— une zone sud comprenant les Zou Sud, département du Mono, Atlantique et Oueme, a deux saisons des pluies séparées par des saisons sèches (jamais complètement sans pluie), et constituée par les sols rouges faiblement ferrallitiques du Continental Terminal dits « terres de barre » souvent très dégradés à déficience marquée en potassium.

MÉTHODE CULTURALE.

Le calendrier agricole étant directement lié à la pluviométrie il est assez différent du Sud au Nord du pays, mais les techniques générales utilisées sont à peu près identiques.

Après bien des aléas liés à l'évolution de l'efficacité de l'encadrement il semble qu'à l'heure actuelle le pays se dirige résolument vers l'amélioration de tous les moyens de production et l'intensification culturale.

Les terres à coton sont préparées dans le Nord par un labour à la charrue et dans le reste du pays par un houage suivi d'un billonnage.

Les **semis** sont effectués du 5 au 25 juin dans le Borgou et l'Atacora en allant du Nord au Sud et de fin juin au 15 juillet du Zou nord au Mono.

Les graines sont traitées avec un produit fongicide-insecticide et semées à 0,8 m entre lignes avec un interplant de 0,20 m dans le Nord et 0,40 m dans le Zou et le Sud.

Le **démariage**, à deux plants par poquet, a généralement lieu trois semaines après la levée ; il est accompagné et suivi par deux à trois **sarclages**. Les **herbicides** en post-semis et préémergence ont fait leur apparition en utilisation « bas volume ».

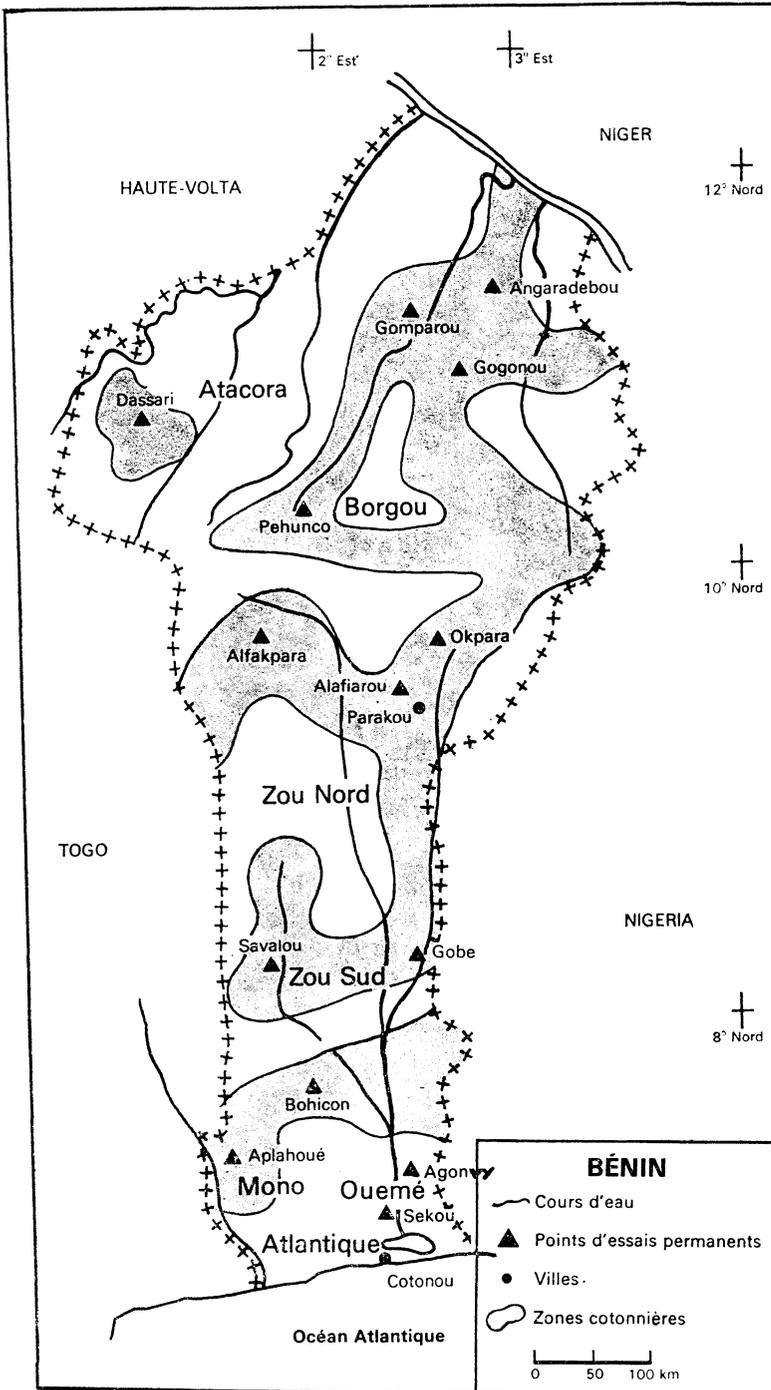


FIG. 85. — Régions cotonnières du Bénin.

Son extension est prévisible pour réduire les entretiens culturaux et assurer un meilleur départ des cultures.

La **fertilisation** minérale qui est généralisée est distribuée sur les terres à coton en « side dressing » au semis pour la formule complexe et quarante à cinquante jours après pour l'azote complémentaire. Trois formules sont utilisées suivant la nature des sols et la qualité de la culture :

— sols ferrugineux tropicaux : 150 kg par hectare de la formule 15-25-15-5-1 (NPKSB) et 50 kg à l'hectare d'urée à cinquante jours ;

— sols ferrugineux tropicaux en culture avancée : 200 kg à l'hectare de la formule précédente suivie de la même application d'azote ;

— terres de barre : 150 kg à l'hectare de la même formule associée à 50 kg par hectare de chlorure de potassium pour prévenir les déficiences potassiques.

Les récoltes manuelles ont lieu de fin octobre à décembre dans le Nord et de novembre à début janvier dans le Sud. Les cotonniers sont ensuite arrachés et incinérés.

LE PARASITISME.

La pression parasitaire est l'un des facteurs déterminants de la production. Le parasitisme est toujours intense et varié mais relativement différencié suivant la région.

Dans le nord du pays, le *Diparopsis watersi* domine mais depuis quelques années on note une importance croissante du *Cryptophlebia leucotreta*. Dans le centre, ce dernier est le plus dangereux mais certaines années la culture subit également des attaques graves de *D. watersi*, *Pectinophora gossypiella* et *Hemitarsonemus latus*. Au sud du pays, le *C. leucotreta* est également le plus dangereux.

Quant à *Dysdercus* sp. et *Earias insulana* on les rencontre dans toutes les régions mais ils n'ont pas sur la production l'incidence économique des ravageurs précédemment cités. *Heliolhis armigera*, présent partout, provoque des dégâts variables suivant les années mais en général assez modérés.

La lutte tend à généraliser la méthode U.L.V. En 1979, plus des deux tiers des cultures sont traités ainsi. Le programme d'intervention prévoit un traitement tous les douze jours dans le nord et tous les dix jours dans le centre et le sud. On exécute en général sept traitements entre la septième et la dix-septième semaine après la levée.

Pour les traitements exécutés en pulvérisation classique on utilise encore partiellement le concentré émulsifiable endrine-DDT-méthylparathion (10-40-10) à la dose de 2,5 litres du p.c. à l'hectare. La formule U.L.V. vulgarisée, monocrotophos-DDT (15-30), est pulvérisée à la même dose à l'hectare. On prévoit, pour les années à venir, l'emploi à la dose précédente à l'hectare du composé triazophos-DDT (20-75). Les pyrethriinoïdes ont fait leur apparition et ils ont été vulgarisés en 1979.

LES VARIÉTÉS.

Les variétés de l'espèce *G. barbadense* avaient leur utilité à l'époque de la culture du cotonnier en association avec des plantes vivrières et lorsque les méthodes de protection phytosanitaires n'étaient pas vulgarisées.

Depuis 1953 plusieurs variétés du *G. hirsutum* se sont succédées afin de toujours mieux adapter celles-ci aux conditions changeantes de la culture.

Actuellement la variété **BJA-SM 67** couvre la partie la plus septentrionale du Bénin, le reste du pays étant cultivé en **HAR 444-2/70**. Cette situation n'est cependant que provisoire puisque la variété **L 299-10/75** a été introduite en 1979 l'expérimentation ayant mis en valeur sa bonne production en fibre, son rendement à l'égrenage élevé ainsi que sa teneur en huile.

	BJA.SM 67	HAR 444-2/70	L 299-10/75
Rendement en Coton-graine kg/ha.....	1 425	1 523	1 540
— fibre kg/ha	553	608	636
% Fibre (scies).....	38,8	39,9	41,3
Fibrographe : 2,5 % SL mm.....	28,1	29,2	29,7
Pressley 1000 PSI.....	90,-	86,4	87,2
Micronaire (I.M.).....	4,3	3,8	4,1
Taux de linter %.....	12,8	—	11,4
Teneur en huile (% graines délintées)...	23,6	—	25,7

AFRIQUE CENTRALE

TCHAD.

Bien que la date d'introduction du cotonnier au Tchad ne puisse être fixée avec exactitude, on pense qu'elle se situe au siècle dernier (artisanat local).

La culture à finalité commerciale est d'origine récente ; c'est en 1928 que furent introduites les premières variétés au Moyen Chari et dès 1930 furent construites les deux premières usines d'égrenage à Sarh et Moissalla. La progression est ensuite très rapide et, à l'heure actuelle, le coton se classe au premier rang des productions agricoles tchadiennes.

TABLEAU LIV

Production cotonnière

ANNÉES	PRODUCTION en coton-graine (t)	SURFACES (ha)	COTON- graine (kg/ha)	PRODUCTION fibre (t)
1960-61.....	97 970	288 100	340	33 769
1965-66.....	86 806	297 200	292	31 241
1970-71.....	95 019	303 186	313	34 500
1971-72.....	108 802	315 806	344	41 031
1972-73.....	104 215	275 674	378	38 685
1973-74.....	115 069	269 026	427	42 956
1974-75.....	143 641	272 156	527	53 159
1975-76.....	174 062	336 489	517	64 606
1976-77.....	147 384	320 215	460	53 998
1977-78.....	125 310	283 978	441	45 402
1978-79.....	136 977	281 000	487	52 200
1979-80.....	90 990	179 898	490	31 375

La production s'est quelque peu amenuisée ces dernières années en raison de plusieurs saisons particulièrement sèches. L'année 1979-80 est exceptionnelle en raison des difficultés politiques rencontrées par ce pays.

Le cotonnier s'est imposé comme culture de rente dans toute la zone agricole traditionnelle du sud et du sud-ouest du Tchad. A l'est du Chari, par contre, elle reste épisodique en l'absence de voies d'évacuation qui puissent en assurer la rentabilité.

Deux grandes dépressions alluviales s'étendent à l'est de la moyenne vallée du Logone et au sud de Bahr Azoum qui malheureusement sont inondées avant la fin des pluies donc impropres à la culture cotonnière.

Les **sols** argileux du nord de la zone cotonnière sont relativement fertiles ; ce sont les argiles rouges tropicales et les vertisols de l'ouest du Mayo-Kebbi, ainsi que les franges exondées des

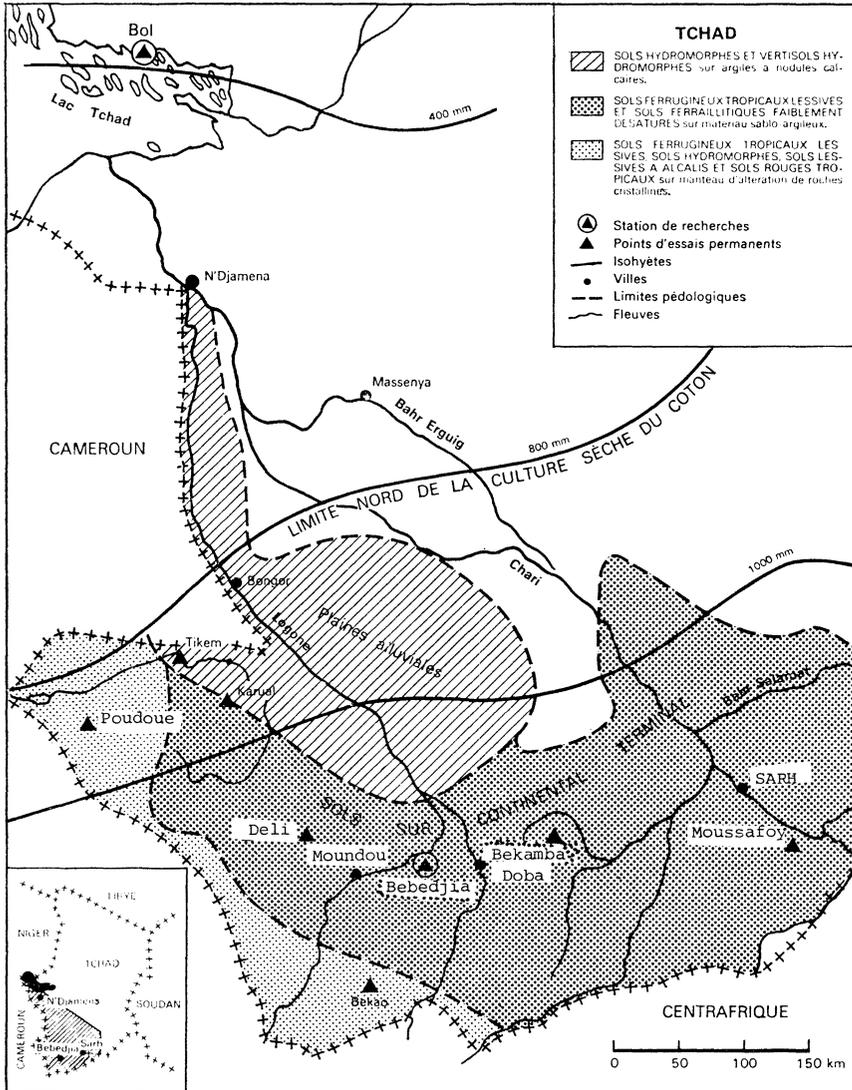


FIG. 86. — Régions cotonnières du Tchad.

dépôts alluviaux. Toutefois, la plus grande partie des sols cultivés en cotonniers est formée par les sables argileux développés sur les grès du Continental Terminal. Les grès ou Koro, formation continentale tertiaire, occupant tout le sud du pays, sont adossés aux massifs granitiques dominants la dépression alluviale. Ils ont donné des sols faiblement ferralitiques sur les reliefs, des sols

tropicaux lessivés sur les pentes et enfin des sols beiges hydromorphes dans les fonds souvent inondés avant la fin des pluies. Les sols ferrugineux et ferralitiques sont bien drainés, mais leurs réserves chimiques sont faibles. Sur ceux-ci la culture itinérante est encore généralement pratiquée avec deux rotations coton-sorgho suivies parfois d'une troisième année d'arachide en culture pure ou intercalaire avec pennisetum. C'est ensuite le retour d'une jachère forestière plus ou moins longue (2 à 10 ans) suivant l'espace cultural disponible.

Au nord-est du lac Tchad se trouve l'archipel de Bol où les possibilités cotonnières ne sont pas négligeables. La construction de digues a permis l'assèchement des dépressions dont le sol est riche en matière organique. Les essais ont donné des rendements en coton-graines supérieurs à 4 000 kg à l'hectare. Un projet actuel prévoit 3 000 ha en rotation annuelle coton-blé.

Le **climat** de la zone cotonnière du Tchad est de deux types :

— dans le sud, soudano-guinéen avec des pluies de 1 000 à 1 300 mm par an en une seule saison d'avril à octobre ;

— dans le nord, sahelo-soudanien avec des précipitations de 800 (zone limite nord) à 900 mm en une saison de mai à septembre-octobre.

MÉTHODE DE CULTURE.

La préparation du sol a lieu en avril-mai. En culture traditionnelle qui représente 40 % des surfaces cotonnières, on exécute un houage après avoir éliminé la brousse. En culture dite de productivité, utilisant engrais et protection sanitaire, cette préparation se fait à l'aide d'un labour à la charrue attelée. Elle intéresse 60 % des surfaces tchadiennes. Entre les assolements du même cycle cultural, il est courant d'utiliser un houage.

Le **semis** est effectué à plat ou sur billon ; l'emploi de ce dernier mode de semis se généralise avec l'emploi de la charrue. Les lignes sont espacées de 0,8 m et les poquets de 0,3 m.

La **date de semis** a fait l'objet de nombreuses études en raison de l'incidence de la précocité du semis sur la production. On conseille la période du 1^{er} au 20 juin que l'on peut étendre jusqu'en fin juin en cas de pluviométrie déficitaire.

Le premier **sarclage** et le remplacement des pieds manquants ont lieu deux semaines environ après le semis et le **démariage** suivi, très rarement, du buttage, un mois après la levée. Le nombre de sarclages est fonction de l'état de propreté des sols ; il varie de deux à trois.

La **fumure** vulgarisée du cotonnier est de 100 kg à l'hectare

de l'engrais complet 21-12-18-6-2 (NPKSB). Elle est appliquée au moment du démarrage en « side-dressing » de chaque côté de la ligne de cotonniers.

La **récolte** débute en fin octobre et se termine en fin décembre après deux ou trois passages de la main-d'œuvre de cueillette.

Les cotonniers sont ensuite arrachés ou coupés, mis en tas sur le champs et brûlés avec les divers débris végétaux de la culture.

SYSTÈMES DE CULTURE ET FERTILISATION.

Cette étude revêt une importance particulière dans un pays où les améliorations culturales ne sont pas encore toutes généralisées et où le potentiel de rendement est élevé à condition de ne pas faire d'erreur dans la conduite de la culture

TABLEAU LV

Culture continue coton-sorgho sur argiles à nodules calcaires. Productions exprimées en kg de coton-graine par hectare

ANNÉES	TÉMOIN sans fumure	FUMURE APPLIQUÉE SUR COTON		
		Engrais 300 kg/ha 57/67 100 kg/ha 67/75	Engrais précédent + fumier 5 t/ha	Fumier seul 20t/ha
1957 (en ouverture).....	1 580	1 602	1 906	1 681
1967.....	1 530	2 833	3 111	2 402
1975.....	1 640	2 009	2 685	2 820

Source C. MÉGIE

Le seul doublement du rendement à l'hectare, objectif réalisable puisqu'il se situe à 487 kg actuellement (tableau LV), apporterait au Tchad des facilités financières nouvelles tout en préservant ses possibilités en cultures vivrières.

Dans la culture continue pratiquée sur les alluvions argileuses, la perte de fertilité après vingt années de culture coton-sorgho n'est pas décelable mais l'emploi d'engrais et de fumier enrichit le sol comme ceci est nettement visible dans le tableau LV, extrait d'un ensemble d'expériences.

Par contre, avec cette même succession en culture continue sur les sols sableux du Continental Terminal, la dégradation est plus ou moins rapide suivant la nature des sols et leur richesse en matière organique et NPK, mais elle est toujours sensible, que l'on utilise ou non des engrais chaque année.

Dans les cas expérimentés mentionnés dans le tableau ci-après, on a utilisé 400 kg à l'hectare de l'engrais composé 20-12-20.

Or la pression démographique oblige à revenir plus souvent sur les mêmes terres réduisant ainsi les jachères arborées entre cycles culturaux. Il est donc apparu que la seule façon de préserver ce potentiel productif est de maintenir des jachères à graminées dans les rotations coton-sorgho.

TABLEAU LVI

Culture continue sur sols de natures différentes

Coton-graine en kg/ha	Sols faiblement ferrallitiques		Sols ferrugineux « tropical lessivé »		Sols beiges hydromorphes	
	Témoin sans engrais	400 kg/ha 20-12-20	Témoin sans engrais	400 kg 20-12-20	Témoin sans engrais	400 kg/ha 20-12-20
Rendement en ouverture.	2 766	3 915	1 426	2 803	615	1 335
Rendement.....	1 818	2 806	840	2 525	130	415
après.....	10 ans	10 ans	3 ans	3 ans	2 ans	2 ans
Caractéristiques sols couleur.....	ocre rouge		ocre beige		beige	
Argile % (0-40 cm).....	14		7		4	
Matière organique.....	1,5		0,8		0,4	
Azote total %.....	0,52		0,32		0,23	
P ₂ O ₅ total ppm.....	618		194		55	
K ₂ O éch. me.....	0,25		0,08		0,05	

Source C. MÉGIE

L'expérience rapportée dans le tableau LVII ci-après sur Koro non dégradé est significative à cet égard et montre le très grand intérêt sur le rendement et la préservation des sols, d'une jachère à graminées durant quatre années. Une expérience récente montre également que de bons résultats peuvent-être atteints avec dolique (légumineuse).

Le raccourcissement, voire la suppression des jachères arborées entre cycles de culture sans jachère de substitution, conduiraient le Tchad à constater une baisse dramatique de ses

TABLEAU LVII

Influence de la jachère à graminée sur rotation en sols Koro non dégradés

Coton-graines en kg/ha		ROTATION COTON-SORGHO					
		Continue		2 ans de jachère entre 2 cycles de rotation		4 ans de jachère entre cycles de rotation	
		Témoin	60 kg/ha N.	Témoin	60 kg/ha N.	Témoin	60 kg/ha N.
En ouverture.....		1 177	1 171	1 184	1 420	1 340	1 643
Année 13.....		1 714	2 125	2 777	3 212	2 927	3 128
Analyse du sol horizon 0-20		à l'origine					
		après 13 ans					
Mat. organique....	2	1,08	1,09	1,56	1,50	1,72	1,61
N. total ‰.....	0,7	0,47	0,43	0,59	0,61	0,70	0,66
P ₂ O ₅ total ppm....	910	570	673	753	769	629	757
Ca. total ‰.....	2,03	1,37	1,61	2,41	1,93	2,37	2,22
K ech. mé.....	0,29	0,17	0,17	0,19	0,18	0,25	0,28

Source C. MÉGIE

rendements en coton sur les sols produisant la majeure partie de la récolte. Cette tendance serait malheureusement irréversible.

L'INTENSIFICATION CULTURALE.

L'augmentation des rendements par l'association de la fertilisation à la protection sanitaire est une technique d'évolution lente. En effet, cette modernisation de la culture dite de « productivité » a débuté sur 1 850 hectares en 1959 et, à l'heure actuelle, elle intéresse la moitié des superficies, ce que l'on peut considérer comme très modeste après un effort de vulgarisation de vingt ans.

Ceci est la conséquence de la pression parasitaire qui exige au moins cinq traitements pour protéger une récolte d'environ 1 000 kg de coton-graine par hectare. Or les agriculteurs trouvent ce programme trop contraignant et pénible et plus de la moitié d'entre eux effectuent moins de quatre traitements.

Il s'ensuit donc dans l'ensemble des cultures une baisse des possibilités de production. Cette difficulté d'engager plus avant les agriculteurs dans un nombre convenable de traitements

insecticides a donc conduit à réduire les doses d'engrais à utiliser pour conserver à la production cotonnière une rentabilité suffisante.

Alors que les expériences permettaient d'envisager l'emploi de 400 kg par hectare d'engrais composé pour obtenir des productions élevées et rentables, il n'a été vulgarisé que la même formule 20-12-6-2 (NPKSB) à la dose de 100 kg par hectare.

TABLEAU LVIII

Répartition des traitements sur parcelle en «productivité» en 1977-78

NOMBRE DE TRAITEMENTS	SURFACES traitées (%)	PRODUCTION coton-graine (kg/ha)	DATES moyennes de semis
0.....	0,5	} 518	20 juin
1.....	2,8		
2.....	4	606	18 juin
3.....	22,8	747	17 juin
4.....	32,1	835	12 juin
5.....	27,4	998	9 juin
6 et 7.....	10,4	983	6 juin
Ensemble.....	119 000 ha	856	mi-juin

PROTECTION DES CULTURES.

Le *Diparopsis watersi* est l'insecte toujours présent sur les cultures et dont les dégâts deviennent très important en mi-septembre si on n'y apporte remède. Il affecte donc plus particulièrement les semis les plus tardifs et jusqu'à maintenant il n'a pas manifesté de symptôme de diminution d'intensité. Par contre, *Heliothis armigera* a une incidence variable sur la culture, intense certaines années, faible dans d'autres comme en 1978-1979 par exemple. L'*Earias insulana* se comporte d'une façon généralement identique à *H. armigera*. Quant à *Cryptophlebia leucotreta*, ses attaques ont toujours été trop tardives pour avoir une incidence économique importante. En dehors de ces ravageurs majeurs pour l'économie cotonnière tchadienne notons le *Spodoptera littoralis* dont on a constaté des pullulations localisées, le *Bemisia tabaci* lié à la diffusion de la mosaïque, *Aphis gossypii* et *Dysdercus voelkeri* rarement très dangereux, enfin *Sylepta derogata* et acariens.

La lutte contre ces ravageurs utilise endosulfan-DDT-méthyl-

parathion (Peprothion) à la dose de 2 litres par hectare de produit commercial par traitement. L'expérience des pyrethriinoïdes n'en est encore qu'à ses débuts, aussi ne peut-on prendre comme définitifs les résultats peu convaincants que l'on a enregistré. L'emploi d'autres molécules apportera sans doute le résultat escompté.

Les traitements qui étaient réalisés à l'aide d'appareils à dos à pression entretenue sont en train d'être remplacés par des pulvérisations en U.L.V. En 1979-1980 environ 30 % des surfaces protégées sont ainsi traitées.

Les difficultés rencontrées pour appliquer convenablement un programme de lutte efficace contre les ravageurs ont incité la recherche à se pencher sur l'utilisation de la lutte biologique en particulier par l'emploi des entomopathogènes du genre polyedrose. Leur action est reconnue sur *D. watersi*, mais il reste encore des améliorations à apporter pour que leur efficacité soit plus polyvalente et leur mode d'emploi vulgarisable.

A la lumière d'études récentes sur la maladie bleue, il semble qu'il existerait parmi les variétés en cours d'amélioration des gènes de résistance ou de tolérance à celle-ci.

LES VARIÉTÉS.

De nombreuses créations variétales ont eu une vie plus ou moins brève suivant qu'elles se sont bien adaptées ou non à l'évolution des conditions humaines, agronomiques et sanitaires de la culture tchadienne.

En 1979-1980 la variété BJA antérieurement très répandue a été remplacée par **SR1F 4** aux rendements en fibre très supérieurs (117 %) et **MK73** plus productive et de fibre nettement plus longue et résistante. La variété Y1422 a été remplacée également par SR1F4 qui, plus rustique, est très nettement supérieure en production (119 %) et de résistance légèrement meilleure. Enfin, la variété **PAN575** bien adaptée à la zone de l'usine Beinamar, est conservée également pour une meilleure longueur et une résistance de fibre très supérieure à Y1422.

La variété **F280** «glandless» est également cultivée et ses qualités de production et de fibre la rapprochent de Y1422. Il est à noter que le Tchad s'intéresse à cette production bien que l'utilisation et les débouchés ne soient pas encore nettement fixés. Ce pari sur l'avenir de cette variété est réconfortant à signaler dans un pays où justement le manque de protéines pose un problème difficile à résoudre sans la diminution des surfaces cotonnières.

	Y 1422 T	SRIF 4	F 280 g1	MK 73	Pan 575
Coton-graine en kg/ha.....	1180	1369	1239	1506	1436
Fibre en kg/ha.....	442	526	472	580	564
% F.....	37,4	38,4	37,3	38,6	38,9
Longueur 2,5 % SL mm.....	28,3	27,4	27,9	28,6	29,8
Micronaire IM.....	3,6	4,3	4,1	4.	3,5
1 000 PSI.....	83,6	85,9	85,3	87,3	89.
Stélomètre : g/tex (T1).....	18,3	17,9	20,3	19,1	20,5
Allg % (E1).....	7.	7,2	7,9	6,7	6,3
Maturité (% F.M.).....	69.	74.	71,8	72,4	—
Taux de linter : % graine.....	9,6	12,4	12,5	11,1	7,1
Teneur en huile : % graine délintée..	25,1	22,9	24,6	24,2	25.
Aire de culture 79-80 ha.....	125 000	50 000	2 500	60 000	6 000

CAMEROUN.

La date d'introduction du cotonnier en République Unie du Cameroun est difficile à définir avec exactitude mais il est vraisemblable qu'elle se situe, comme pour le Tchad, vers la fin du siècle dernier. La culture, utilisée à l'origine uniquement pour

TABLEAU LIX

Production cotonnière

CAMPAGNE	SUPERFICIES (ha)	COTON GRAINE (t)	COTON GRAINE (kg/ha)	PRODUCTION fibre (t)
1960-61.....	54 846	29 238	533	10 250
1965-66.....	91 755	57 544	627	21 080
1969-70.....	108 194	91 834	848	33 960
1970-71.....	102 055	38 394	376	14 182
1971-72.....	99 045	43 197	436	15 807
1972-73.....	87 679	45 296	516	16 777
1973-74.....	61 176	27 837	455	10 378
1974-75.....	64 520	40 043	621	15 105
1975-76.....	73 178	49 462	685	19 063
1976-77.....	59 930	47 766	797	18 175
1977-78.....	48 436	40 682	840	13 365
1978-79.....	47 130	59 497	1 262	23 310
1979-80*.....	56 594	74 000	1 307	28 800

* Provisoire.

satisfaire les besoins familiaux et ceux de l'artisanat local, n'est devenue vraiment l'objet d'une production industrielle que depuis 1950. Cette culture est située dans le Nord Cameroun, département du Diamaré, de la Benoué, du Margui-Wandala et du Mayo-Danaï. De 1959 à 1969 la production n'a cessé de croître.

A partir de 1969 on assiste à une régression de cette culture qui semble avoir atteint en 1975 un certain équilibre avec les cultures vivrières dont la rentabilité est assurée par une forte demande interne.

L'avenir du coton au Cameroun sera en relation directe avec toutes les formes d'action permettant d'en accroître la rentabilité ; l'une de celles-ci, et sans doute la plus importante, est représentée par un effort soutenu de vulgarisation des techniques d'intensification culturale.

Les statistiques de production confirment déjà qu'un certain effort de pénétration du milieu rural a été entrepris, si l'on en juge par les augmentations constantes des rendements à l'hectare.

CLIMAT.

Il est du type tropical soudano-sahélien, c'est-à-dire une saison sèche suivie d'une saison des pluies qui s'étale d'avril à octobre. Comme dans toutes les régions tropicales on doit signaler d'assez fortes irrégularités dans le total des précipitations et dans leur répartition qui déterminent dans une large mesure le succès ou les difficultés annuelles de la production. Les excès ou les déficits par rapport à la moyenne ont une influence sensible sur les rendements, qu'ils agissent sur la date des semis (juin ou juillet) ou en fin de saison (qualité de la fibre, maturation des capsules).

LES SOLS.

Ils sont de nature très variée, mais on peut les regrouper en cinq classes :

— les sols peu évolués caractérisés par des alluvions récentes limitées aux abords des rivières et des alluvions anciennes. Ces dernières, situées sur de vastes zones d'épandages, peuvent évoluer rapidement pour donner naissance à des sols hydromorphes ou halomorphes ;

— les vertisols de texture toujours fine ; les argiles (30 à 50 %) leur confèrent une faible perméabilité et une forte capacité de rétention en eau, d'où la nécessité d'un bon drainage. Les

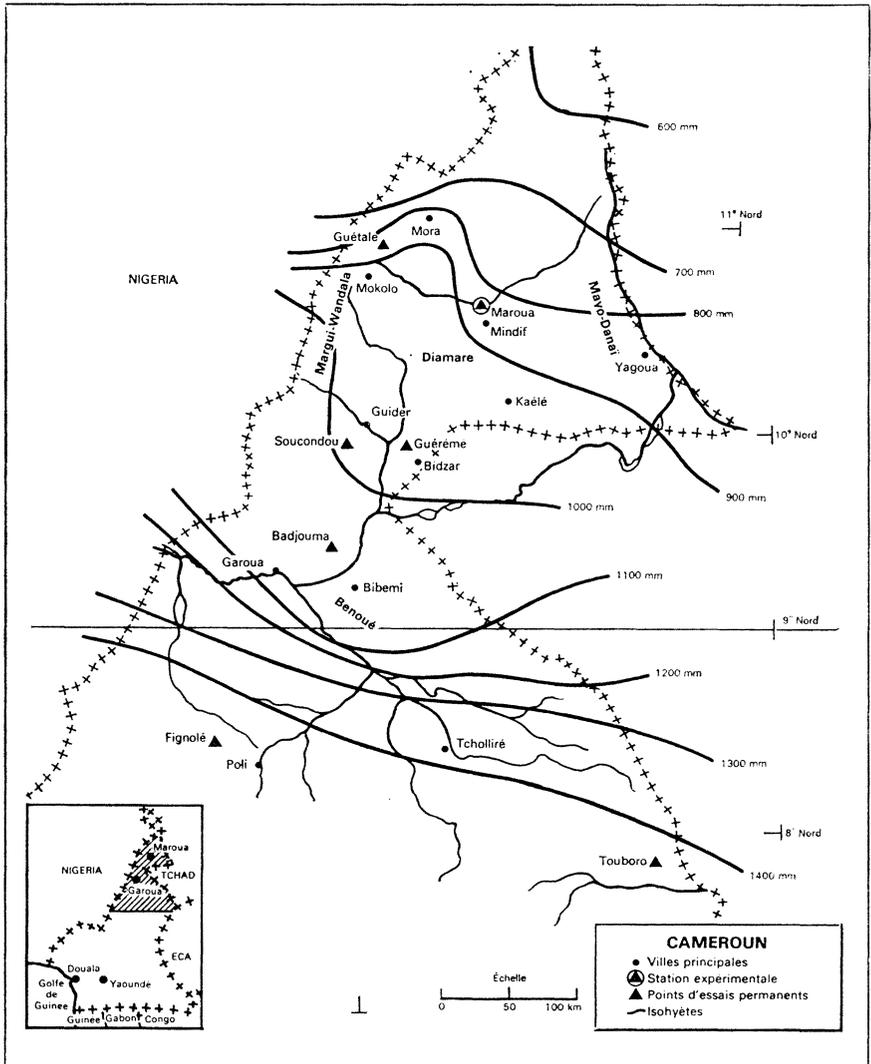


FIG. 87. — Régions cotonnières du Cameroun.

teneurs en matière organique sont moyennes (0,8 à 1,7 %) le pH. souvent légèrement acide en surface devient alcalin en profondeur en corrélation avec un complexe absorbant bien saturé sauf en potassium. Les réserves minérales sont fortes mais le phosphore total est déficient. Seuls les vertisols situés sur les plateaux en légère pente sont favorables à la culture cotonnière ; ils sont situés dans la plaine du Diamaré autour des collines de Guidier ; vertes de Marona dans la région de Kaélé et au Sud de Guidier ;

— les sols ferrugineux tropicaux sont des sols peu lessivés sur sables ; d'origine éolienne ou alluviale ils sont très perméables, à pH. acide (5,3 à 6), à teneur en matière organique faible et à complexe absorbant moyennement saturé. Ils sont localisés au Nord de la plaine du Diamaré et à l'Est de la région Mayo-Danaï. Ils existent aussi sur socle de texture sablo-argileuse à prédominance de sable grossier, la teneur en matière organique est faible (1 %), le pH. proche de la neutralité et le complexe absorbant est saturé à 60 %. Les réserves minérales sont moyennes ; ces sols sont localisés dans la région de Touboro et Madingrin. Enfin, les sols lessivés à concrétions sont parsemés de lambeaux cuirassés et d'affleurement rocheux ; leur texture est argilo-sableuse à pH. de 5,5 à 6 et teneur en matière organique très différente suivant le lieu. Leur fertilité est très variable ; ces sols sont localisés autour de Mindif ;

— les sols rouges tropicaux sont de texture sablo-argileuse à argilo-sableuse, voire argileuse suivant la roche qui les supporte. Les taux de matières organiques se situent entre 1 et 2,5 % et le pH. est faiblement acide. Le taux de saturation est élevé (70 à 100 %), les réserves minérales fortes sauf pour le phosphore. On trouve ces sols dans la plaine de Diamaré et au Sud de Kaélé, en surfaces assez réduites mais en proportion plus importante dans les régions de Guider, Bidzar et Bibemi ;

— les sols halomorphes sont gris, sableux en surface et argileux en profondeur, à réserves minérales assez bonnes sauf pour le phosphore. L'enrichissement en argile avec la profondeur rend souvent les semis difficiles et les réserves d'eau précaires. On trouve ces sols dans la région de Mora sur le pourtour du Diamaré et en proportion plus modeste dans le Nord de la Bénoué et le Sud du Mayo-Danaï.

MÉTHODE DE CULTURE.

Les terres à coton sont préparées par un labour plus ou moins profond suivant les possibilités des agriculteurs.

Divers assolements sont pratiqués, ou à vulgariser, dans lesquels le coton est associé. Suivant la région, on signale une succession coton-riz (Badjouma) ou coton-sorgho (Maroua), coton-arachide, coton-maïs (Touboro). Deux résultats fondamentaux de la recherche sont à signaler : l'importance des jachères dans les rotations pour le maintien de la fertilité des sols (déjà signalé au Tchad), et l'augmentation des rendements de coton par l'emploi de la dolique (*Dolicos lablab*, légumineuse) ; comme exemple citons coton-sorgho et dolique la même année, cette dernière

enfouie à la floraison (de préférence) comme engrais vert ou en fin de végétation.

Les **semences** sont généralement traitées par un poudrage d'un composé insecticide et fongicide du commerce.

Les **semis** ont lieu en début juin dès que la pluviométrie le permet. L'expérience a prouvé que l'on ne devait pas semer au-delà de fin juin, sauf conditions exceptionnelles comme ce fut le cas en 1977 par exemple. On sème à plat sur des lignes espacées de 0,8 m avec un écartement entre poquets de 0,25 m.

Le premier **sarclage** ainsi que le **remplacement des poquets manquants** s'effectuent dès l'étalement des cotylédons. Alors que les cotonniers ont une quinzaine de centimètres on procède à un second sarclage au cours duquel on butte les plantes après le démariage. Suivant l'état de propreté du champ, on exécute jusqu'à deux sarclages supplémentaires. A l'heure actuelle des traitements **herbicides** à bas volume en préémergence post-semis sont en cours de vulgarisation. On utilise du Gésatène 500 FW à la dose de 1,6 à 2,5 litres à l'hectare du produit commercial, suivant la densité des adventices.

La **récolte** qui commence en novembre est achevée en fin décembre après plusieurs passages de la main-d'œuvre. Le coton-graine récolté à la main est ensuite mis à sécher sur des claies puis stocké et acheminé vers les marchés cotonniers en temps opportun.

L'**arrachage** et le **brûlage** des cotonniers a lieu dès que possible après la dernière récolte.

Les études les plus récentes mettent en évidence l'intérêt de l'enfouissement des résidus de récolte et non leur brûlage encore très généralement utilisé ; il permet le maintien du stock de potassium dans les sols qui en sont souvent assez dépourvus.

LE PARASITISME.

Diparopsis watersi et *Heliothis armigera* sont les deux insectes majeurs de la zone cotonnière. La pression parasitaire est plus forte dans les régions Mayo-Danaï et Margui-Wandala que dans le reste du pays. Parmi ceux ne jouant pas actuellement un rôle important sur la production, citons par ordre d'importance décroissante : *Earias insulana*, *Cosmophila flava*, *Spodoptera littoralis*, *Sylepta derogata*, *Aphis gossypii*, *Bemisia tabaci* et Jassides (*Empoasca* sp.). On rencontre, en outre, *Pectinophora gossypiella* et *Dysdercus voelkeri*, plus particulièrement dans la Bénoué-Garoua.

En général et présentement les traitements dirigés contre

Diparopsis et *Heliobis* suffisent à maintenir l'ensemble des ravageurs à un seuil non dangereux.

La protection insecticide tend à se généraliser. En 1978, on signalait déjà 31 % des surfaces de Margui-Wandala traitées normalement, 22 % du Diamaré, 80 % du Mayo-Danaï et 80 % de la Bénoué, soit près de la moitié de l'ensemble des cultures cotonnières camerounaises.

Depuis 1974, les méthodes classiques de pulvérisation ont été abandonnées au bénéfice des traitements à bas volume. Débutant à quarante cinq jours après le semis les traitements se succèdent à intervalles réguliers de 7 à 10 jours suivant la zone. On pratique environ 10 traitements dans les zones les plus pluvieuses de la Bénoué, 7 dans la zone nord.

Les produits les plus utilisés sont le Nuvacron (monocrotophos-DDT à 150-250) et l'Ultracide (méthidathion-DDT à 150-350) aux doses respectives du produit commercial, le premier 2 à 3 litres par hectare, le second 1,5 à 2 litres par hectare suivant le volume de la végétation à traiter.

LES FUMURES.

Les problèmes de fumure dans le contexte d'une culture intensive ne doivent pas être dissociés de ceux de la rotation, les effets sur une culture se prolongeant sur la suivante ; c'est à l'ensemble de la rotation que les engrais sont bénéfiques.

Au Cameroun, on utilise 200 kg par hectare de l'engrais composé 15-15-15-3-1 (NPKSB) au semis, complétés par 50 kg à l'hectare d'urée au moment de la floraison. La dose passe à 300 kg quand la rentabilité ne risque pas d'en être affectée. Ces doses sont appelées à être ultérieurement diversifiées suivant les types de sols et l'état d'avancement des progrès de l'intensification culturale.

LES VARIÉTÉS.

Faisant suite aux variétés HAR 444-2 et BJA 592 deux variétés se partagent actuellement les cultures camerounaises : **L 142-9** pour plus des deux tiers de la surface et **IRCO 5028** pour le reste.

L 142-9 a été créée en Côte-d'Ivoire à partir d'un fond HAR croisé avec Acala 4.42 et recroise ensuite avec Acala 1517 C puis HAR 444-2, et sélectionnée. Elle se caractérise par une bonne production, très proche de celle du HAR 444-2 qu'elle remplace, mais avec une résistance de fibre particulièrement élevée.

IRCO 5028 est une variété sélectionnée à Bebedjia (Tchad) issue d'un programme de sélection récurrente de 1965-66. Elle est résistante à la bactériose et sensible à la maladie bleue. Son rendement à l'égrenage est très élevé avec une forte maturité de fibre, un allongement élevé mais une résistance PSI très moyenne compensée par une bonne résistance des filés. Sa production est sensiblement égale à celle du BJA 592 qu'elle remplace totalement depuis deux ans. Son seul défaut est de posséder de nombreux « seed coat neps » dans la fibre, commercialisée.

Caractères analysés	L 142-9	IRCO 5028
Rendement en coton-graine kg/ha.....	1 145	1 470
Rendement en fibre kg/ha.....	552	627
% Fibre.....	38,2	42,7
Longueur 2,5 % SL mm.....	27,25	27,01
Micronaire I.M.....	3,54	3,89
Maturité %.....	70,2	74,3
Pressley 1 000 PSI.....	91,6	86,9
Allongement stélomètre %.....	6,9	9,2
g/tex stélomètre (T1).....	22,7	19,9
Taux de linter %.....	15,-	13,6
Teneur en huile (% graine délintée).....	24,4	23,4

Au Cameroun, on assiste à un effort réel de modernisation de la culture cotonnière par l'intensification culturale en cours de généralisation.

Techniques utilisées	% des surfaces				
	1970	1972	1974	1978	1979-80
Cultures labourées.....	36,7	27,3	42,5	46,7	71,3
Buttage.....	7	6,9	25,9	29,3	77,*
Engrais.....	20	27,5	35	52,2	85,3
Défense des cultures.....	2,5	5,2	18,1	47,9	85,3
Herbicides.....	—	—	—	—	17,7

* Estimation.

A condition d'appliquer les techniques les plus récentes de maintien de la fertilité le cotonnier apportera une augmentation du potentiel de production de tous les sols où il sera présent.

CENTRAFRIQUE.

L'origine de l'introduction ainsi que sa date ne sont pas connues avec précision, les cotonniers perennes qui servaient aux besoins locaux étant de l'espèce *G. arboreum* au début du xx^e siècle. Ce n'est qu'en 1925 que sont apparues les premières cultures rationnelles de cotonnier sous l'impulsion de Félix Éboué.

Les variétés du type Triumph de l'espèce *G. hirsutum* furent introduites du Zaïre et se maintinrent jusqu'en 1948. Depuis cette époque de nombreuses améliorations furent apportées à la culture cotonnière sans jusqu'à maintenant augmenter très sensiblement la production et le rendement. Il semble donc que la vulgarisation rencontre de nombreuses difficultés pour se faire entendre des agriculteurs.

TABLEAU LX

Production cotonnière

ANNÉE	SURFACES en cotonniers (ha)	PRODUCTION coton-graine (t)	RENDEMENT coton-graine (kg/ha)	PRODUCTION fibre (t)
1960-61.....	162 040	36 652	201	11 100
1965-66.....	110 000	24 445	220	8 786
1970-71.....	125 878	53 597	425	19 698
1971-72.....	133 499	46 260	346	16 928
1972-73.....	136 278	51 779	379	19 026
1973-74.....	135 948	45 732	336	16 417
1974-75.....	135 017	47 517	351	17 343
1975-76.....	135 334	33 496	247	12 080
1976-77.....	124 000	41 042	330	15 498
1977-78.....	124 981	28 121	225	10 343
1978-79.....	120 000	32 150	268	13 500
1979-80.....	111 500	27 787	320	12 900

La culture cotonnière est concentrée dans la région nord-ouest et le centre du pays.

La **climatologie** se caractérise par un régime pluviométrique de type soudano-guinéen à une seule saison des pluies. Les pluviométries varient de 1 200 à 1 600 mm pour 100 à 130 jours de pluie. La zone la moins arrosée se situe au Centre-Nord.

Quant aux **sols** centrafricains, ils sont d'une valeur agricole

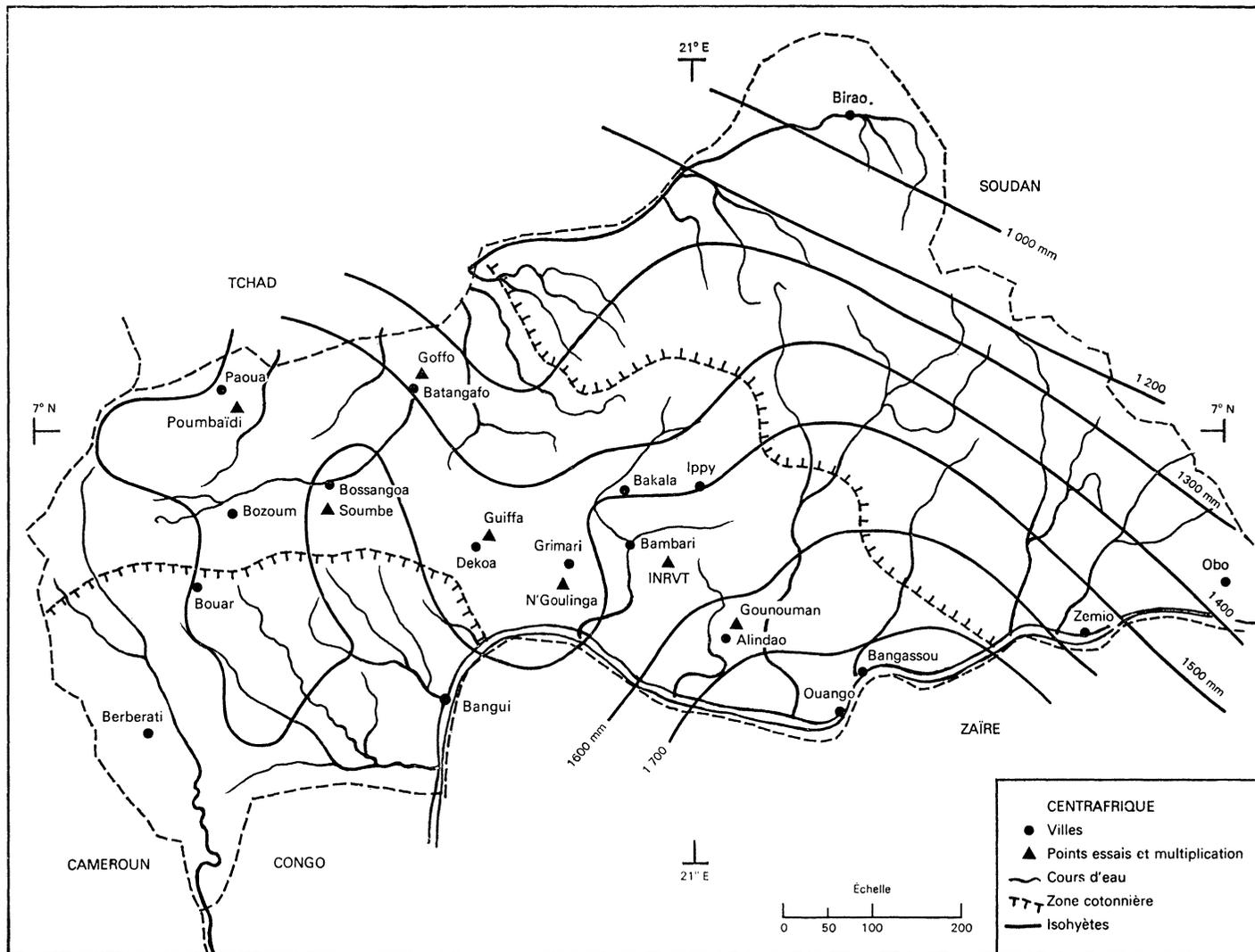


Fig. 88. — Régions cotonnières de Centrafrique

très moyenne. On peut les classer d'une façon très succincte en trois groupes :

— les sols riches sur roches éruptives ou métamorphiques basiques d'étendue restreinte sont situés dans les régions de Bocaranga, Paoua, Bozoum, sud de Bossangoa, Ouango et Zemio ;

— les sols moyens sur sous-bassements cristallins et cristalloyphylliens comprenant presque tout le Nord-Ouest du pays et une partie du Centre vers Ippy, Balaka Grimari ;

— les sols peu fertiles situés sur sous-sols des séries métamorphiques dans les régions de Bambari-Alindao.

MÉTHODE DE CULTURE.

Le cotonnier est généralement cultivé en tête d'assolement, il est toujours suivi d'une culture vivrière (arachides ou sorgho) dans laquelle on réalise un bouturage de manioc. Ensuite, une jachère de longue durée (4 à 7 ans) est de pratique traditionnelle.

Le travail du sol se fait essentiellement à la main car la culture attelée, après avoir pris avant 1970 un certain développement, a régressé. Un millier d'attelages de bœufs subsistent dans le Nord, région de Poubaidi. On a donc un ameublissement général très grossier du sol avant le semis, précédé par l'incinération de la végétation. Les fermes productrices de semences qui cultivent annuellement 200 à 250 hectares de cotonniers ont introduit l'utilisation des tracteurs pour la préparation des sols. Il existe également des fermes entièrement mécanisées régies par une société roumaine qui est appelée à se transformer en ferme-régie pour des planteurs centrafricains. L'introduction de la motorisation intermédiaire a débuté en 1979.

Les semences sont traitées contre les insectes et les maladies. Les **semis** se font à plat en lignes espacées de 0,70 à 0,80 m avec des interpoquets de 25 à 30 cm. Ils ont lieu dans la première quinzaine de juin dans le nord-ouest et dans la seconde quinzaine dans le centre et l'est ; en culture traditionnelle les semis peuvent se prolonger jusqu'en fin juillet.

Les premiers **sarclages** commencent deux à trois semaines après les semis en même temps que le **démariage** à deux plants des poquets et le **buttage** des pieds restants.

Il peut être nécessaire de répéter ce sarclage durant la floraison. On en profite généralement pour enfouir l'azote complémentaire de la fumure de base. Celle-ci se décompose en trois formules différentes suivant la région :

— région Est = 150 kg à l'hectare du complexe 25-15-0-6-2 (NPKSB),

— région Centre = 200 kg à l'hectare de 20-0-15-4-1 ;
ces deux formules sont complétées par 50 kg à l'hectare d'urée à la floraison :

— région Ouest = 40 kg d'azote et 8 kg de soufre à l'hectare apportés par du sulfate d'ammoniaque et de l'urée au semis et complétés par 50 kg à l'hectare d'urée à la floraison.

La **récolte** s'effectue à la main à partir de fin novembre et se prolonge généralement jusqu'en janvier.

LA DÉFENSE DES CULTURES.

Les dégâts sur feuillage sont essentiellement dus à *Hemitarsonemus latus*, *Aphis gossypii* et *Lygus vosseleri* ; leur incidence économique est assez modeste. Les chenilles sont, par ordre d'importance décroissante *Pectinophori gossypiella*, *Diparopsis watersi*, *Earias insulana* et *Heliothis armigera* et *Spodoptora littoralis*. Depuis quatre ans on signale *Cryptophlebia leucotreta* dans le centre-nord et le nord-ouest.

Les dégâts de ces insectes peuvent être isolés ou cumulés, forts ou faibles suivant l'année, mais d'une manière générale toujours dangereux. Les *Dysdercus voelkeri* peuvent également avoir une incidence sur la récolte et la pourriture des capsules.

Trois à cinq applications d'insecticides sont indispensables en milieu paysan et six à neuf en culture mécanisée. On utilise des mélanges binaires ou ternaires ayant une action non seulement sur les chenilles prédatrices des capsules, mais également contre les pucerons vecteurs de la maladie bleue. Les pyréthriinoïdes (décaméthrine, cyperméthrine, fenvalérate) sont utilisés en association avec une matière active aphicide (diméthoate, monocrotophos).

Les pulvérisations commencent soixante jours après les semis en culture mécanisée et à 75 jours en milieu traditionnel. Le rythme des traitements est généralement fixé à deux semaines. On utilise des pulvérisateurs à dos permettant le traitement de quatre lignes de cotonnier par passage. La pulvérisation à très bas volume a reçu un très bon accueil des agriculteurs et tend à se généraliser.

La bactériose, la fusariose et la maladie bleue sont les **maladies** du cotonnier les plus dangereuses. La bactériose due à *Xanthomonas malvacearum* est connue depuis longtemps en Centrafrique, et on l'a efficacement combattue grâce à la culture de variétés résistantes. Les mêmes observations s'appliquent à la fusariose. Quant à la maladie bleue, elle a été signalée dès 1951 ; elle a

commencé à manifester son importance économique il y a une douzaine d'années seulement. En 1971, le rôle d'*Aphis gossypii* comme vecteur de transmission a été déterminé et étudié. De fortes présomptions permettent de considérer la maladie bleue d'origine virale. La lutte contre son vecteur est une des formes efficaces pour éviter son extension. Cette lutte toutefois ne semble possible, sur le plan pratique, que dans les champs ayant un potentiel de production d'environ une tonne à l'hectare de coton-graine, c'est-à-dire bénéficiant de la fumure minérale et d'une couverture insecticide de trois à cinq traitements. Pour des raisons économiques on se dirige maintenant vers l'étude des résistances variétales à cette virose.

LES VARIÉTÉS.

Actuellement les variétés **BJA-B2** et **Reba B50** sont cultivées respectivement dans le nord-ouest et le centre pour la première (98 % de la totalité), et dans l'est pour la seconde (environ 2 % des surfaces totales). Toutefois, la variété BJA-B2 utilisée depuis sept années environ et Reba B 50 depuis plus de quinze années, sont arrivées au terme de leur diffusion. On prévoit leur remplacement au cours de la campagne 1981-1982 par **SR1 F4** pour BJA et **B 761** pour Reba B50.

CARACTÈRES ANALYSÉS	BJA B2	SR1 F4	Reba B50	B 761
Production en kg/ha : coton-graine..	1 161	1 203	715	763
fibre.....	449	472	273	306
% fibre.....	38,7	39,2	38,2	40,2
Longueur 2,5 % SL. mm	27,5	27,7	27,6	29,2
Micronaire I.M.....	3,8	3,85	3,25	3,75
Maturité %.....	69,5	71,2	—	—
Pressley 1000 PSI.....	85,8	86,1	87,2	89,5
Stélomètre : g/tex (T1).....	18,5	19,5	17,7	17,5
A1 % (E1).....	7,3	7,6	8,1	7,6
Taux de linter en % de la graine vêtue.	14,8	13,5	—	—
Teneur en huile en % des graines nues.	22,6	22,6	—	—

La variété **SR1 F4**, issue d'une sélection récurrente de 7 lignées du fonds génétique Allen-N'Kourala-Triumph, possède dans l'ensemble des caractères technologiques et productifs supérieurs à BJA-B2 qu'elle doit remplacer. Par ailleurs, plus rustique, elle s'adapte mieux aux cultures souvent sommaires de nombreux producteurs centrafricains. Enfin, elle a un pouvoir

germinatif nettement amélioré par rapport à celui de la variété qu'elle remplace ainsi qu'une bonne tolérance à la maladie bleue.

La variété **B 761**, quant à elle, est une création centrafricaine à partir de croisements de variétés locales (Reba-W 296, Banda 1) et tchadiennes (NK 42-5). Elle présente une meilleure résistance à la fusariose, une production nettement plus avantageuse et un rendement en fibre plus élevé que celui de la variété antérieure.

Il ne semble pas, en conclusion, que l'évolution actuelle de la culture cotonnière centrafricaine ait trouvé un point de départ très solide en dehors des zones dévolues aux sociétés d'encadrement exogènes. Dans ces conditions les possibilités exceptionnelles de production de la R.C.A., ne semblent pas avoir été exploitées au mieux des intérêts des agriculteurs. On note une nette stagnation de l'évolution des surfaces fumées et traitées et même une régression des surfaces seulement traitées :

ANNÉES	SURFACES FUMÉES et traitées	SURFACES TRAITÉES
1970.....	46 %	14 %
1975.....	12 %	28 %
1976.....	5,8 %	40 %
1977.....	12,6 %	28 %
1978.....	6 %	21,6 %

Toutes les conditions d'une bonne culture étant connues il suffirait que ce pays se dote d'un bon système de vulgarisation pour que l'on assiste très rapidement à une évolution vers des rendements cotonniers vraiment mobilisateurs de progrès.

MADAGASCAR

A l'exception de *G. gossypioïdes*, espèce à 12 chromosomes et à graines dépourvues de fibres qui serait indigène, les autres cotonniers rencontrés dans l'île et décrits dans la flore de Madagascar et des Comores ont été probablement introduits à diverses époques par des immigrants ou des voyageurs venus d'Afrique, de l'Inde ou de Malaisie.

Au temps de la monarchie Hova il y eut quelques cultures en pays Sakalava qui alimentaient les ateliers royaux, ainsi qu'une petite industrie familiale en pays Betsileo.

Plus récemment on observait l'utilisation de variétés à graines nues dans l'Androy et le pays Mahafaly pour la fabrication de tissus à l'échelon familial.

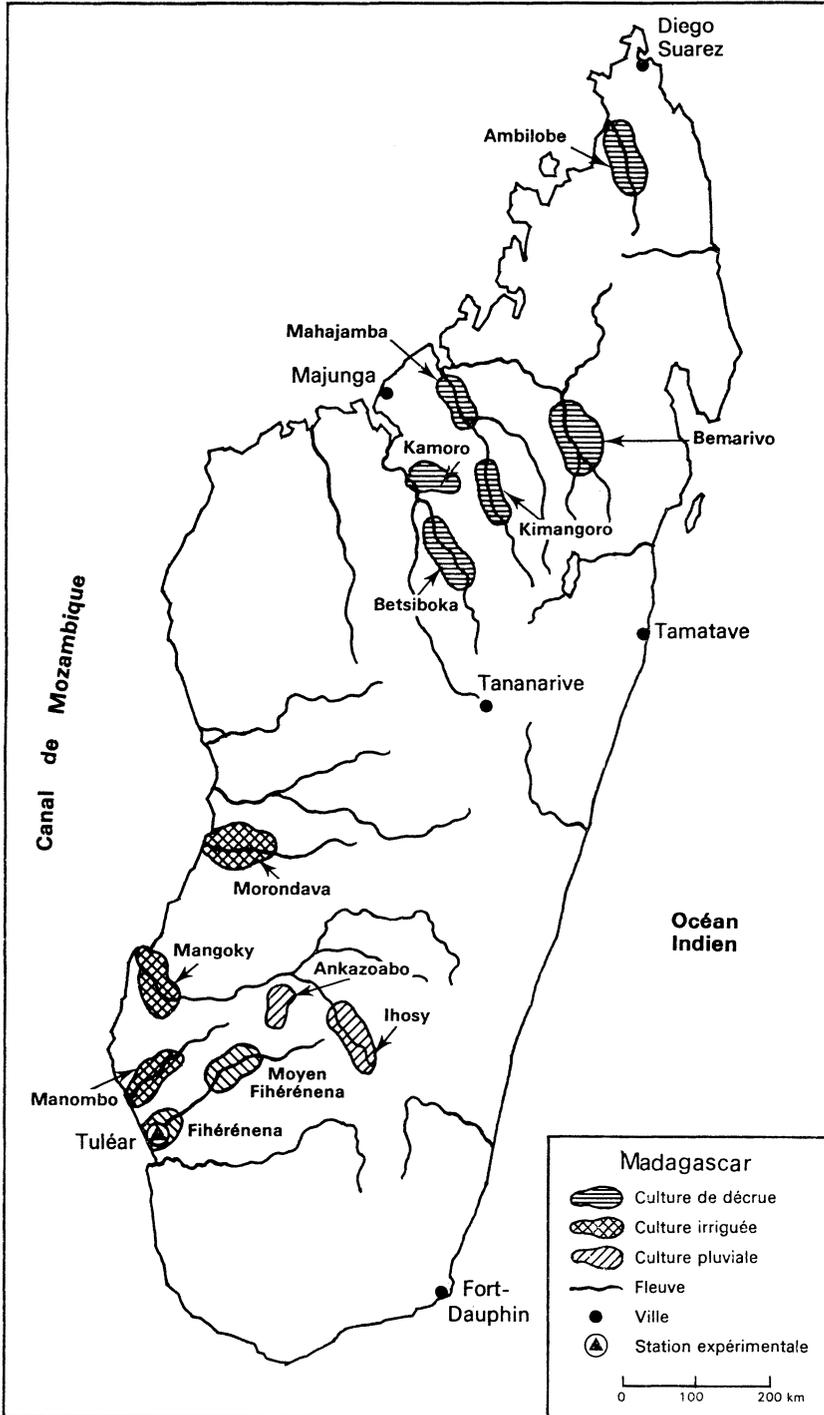


FIG. 89. — Zones cotonnières de Madagascar.

Ce n'est qu'au début du xx^e siècle que l'on tenta, à plusieurs reprises et sans succès, d'implanter la culture du cotonnier à Madagascar, l'échec étant lié à la virulence du parasitisme que l'on ne parvenait pas à maîtriser. Il a fallu attendre l'apparition des insecticides de synthèse et la conjugaison des efforts de la CFDT et de l'I.R.C.T. de 1952 à 1956 pour amorcer le développement de la culture cotonnière qui se poursuit actuellement (fig. 89).

TABLEAU LXI

Production cotonnière malgache

ANNÉES	SURFACES (ha)	PRODUCTION en coton graine (t)	RENDEMENT (kg/ha)	PRODUCTION* fibre (t)
1961-62.....	1 495	2 409	1 611	
1965-66.....	4 580	5 372	1 171	
1970-71.....	10 313	18 715	1 814	7 966
1971-72.....	10 853	21 870	2 015	9 421
1972-73.....	11 069	23 881	2 157	9 093
1973-74.....	13 359	30 653	2 294	11 550
1974-75.....	16 089	33 290	2 069	12 860
1975-76.....	16 341	30 728	1 880	11 920
1976-77.....	17 506	34 747	1 985	13 455
1977-78.....	20 403	37 081	1 817	14 068
1978-79.....	22 093	33 970	1 537	12 566
1979-80.....	17 621	26 500	1 503	10 220

* L'égrenage est à cheval sur deux ans; la production fibre ne coïncide pas avec l'année agricole correspondante.

La mise au point des techniques de protection phytosanitaire demanda près de cinq ans. Le coût relativement élevé de cette protection ne pouvait être amorti que dans le cadre d'une production intensive. Cette intensification nécessita des travaux importants dans les domaines agronomique et variétal qui se traduisirent rapidement par des rendements moyens de l'ordre de 2 t de coton-graine à l'hectare. On doit noter un fléchissement général des rendements de 10 à 15 % de 1973 à 1978, qui a pu atteindre 25 % dans certains cas.

Toutefois les améliorations au niveau des techniques culturales n'ont pas gagné, comme on aurait pu s'y attendre, les autres spéculations agricoles rencontrées dans les zones cotonnières. Ceci est probablement dû au fait que le champ de coton chez le paysan

se trouve en dehors de l'assolement traditionnel et que dans de nombreux cas la production cotonnière s'est développée dans le cadre de regroupement de ces cultures en vue du traitement par avion.

Par contre, si l'intégration sur le plan agricole reste faible, la liaison sur le plan industriel est très forte, la production cotonnière étant destinée à satisfaire les besoins industriels du pays.

ZONES ET STRUCTURES DE PRODUCTION.

La zone de production cotonnière est actuellement localisée sur la côte ouest de Madagascar, s'étendant d'Ambilobé au nord jusqu'à Tulear au sud. En profondeur elle atteint les premiers contreforts des hauts plateaux (800 m d'altitude environ). Des essais récents ont montré des possibilités d'extension dans le Moyen-Ouest (altitude de l'ordre de 1.000 m), sous réserve de certaines adaptations variétales.

L'évolution des superficies, de la production et des rendements, est représentée dans le tableau LXI.

A Madagascar on rencontre trois types de culture (fig. 89).

La culture de décrue, dans les régions d'Ambilobé et de Majunga, où le cycle du cotonnier se déroule en saison sèche de mars à novembre, l'alimentation hydrique de la plante étant assurée par la remontée capillaire à partir de la nappe phréatique. En 1978 la culture de décrue occupe environ la moitié de la superficie totale cultivée en coton ; elle fournit plus de 60 % de la production avec un rendement moyen de 2.300 kg à l'hectare.

La culture irriguée dans les basses vallées des fleuves Mangoky, Manombo et Fiherenena ; le cycle cultural coïncidant avec la saison des pluies, l'irrigation est destinée à compenser le déficit de la pluviosité. La culture irriguée représente le quart de la superficie totale et fournit le quart de la production avec un rendement de 1.800 kg par hectare.

La culture pluviale est pratiquée dans les régions de Morondava, du Moyen-Fiherenena, de la Manombo, d'Ankazoabo et de Ihozy. Elle couvre environ le quart de la superficie totale et 10 à 15 % de la production. Le rendement moyen de ce type de culture est actuellement de l'ordre de 600 à 800 kg à l'hectare alors qu'il a atteint jusqu'à 1 600 kg en 1973.

En 1978, le secteur privé pratiquant une culture industrielle occupe le tiers de la superficie cotonnière et fournit la moitié de la production. Le rendement moyen en coton graine de ce secteur est de 2.200 kg à l'hectare. Les régions administratives cultivent près de 10 % de la superficie et participent à la même proportion de production avec un rendement moyen de 1 700 kg à l'hectare.

Enfin en 1978, les paysannats encadrés par un service de vulgarisation exploitent environ 60 % de la superficie totale alors que la récolte ne représente que 40 % de la production globale avec un rendement de l'ordre de 1 000 kg à l'hectare.

LES CONDITIONS CULTURALES.

Culture de décrue. Les contraintes agronomiques présentent les particularités suivantes :

— délai très court pour la préparation des terres entre le retrait des eaux et le semis du cotonnier ;

— maintien de l'homogénéité du profil cultural lors des travaux du sol en vue d'assurer une bonne alimentation hydrique au moment de la levée ;

— localisation en profondeur et si possible à deux niveaux de la fumure minérale (0,25 et 0,50 m).

— maintien de la fertilité d'un sol produisant annuellement plus de 3 000 kg/ha de coton graine.

Ces contraintes ont pu être surmontées en culture mécanisée, mais des difficultés subsistent en culture attelée dans le domaine de la préparation des sols, de la localisation de la fumure minérale et de l'enfouissement des résidus de récolte, ce qui limite l'extension du petit paysannat en culture de décrue.

Le maintien de la fertilité des sols est assuré par la fumure (S.P.K.B.) qui est ajustée aux différentes situations par le diagnostic pétiolaire régional. La fumure azotée est utilisée à la dose de 300 kg d'urée à l'hectare ; il est à craindre que cette utilisation entraîne à terme des problèmes d'acidification et de désaturation du complexe étant donné la pluviométrie supérieure à 1 000 mm annuellement dans cette zone qui s'ajoute aux effets de l'inondation. La solution actuellement à l'étude se trouverait, selon toute logique, dans l'emploi de dolomies (Ca et Mg) et de rotations à légumineuses, ou les deux. Toutefois un bilan devra tenir compte des remontées d'éléments minéraux par capillarité depuis la nappe phréatique.

Culture irriguée. Elle pose des problèmes différents selon les périmètres :

— Mangoky : on rencontre une grande diversité de sols, la conduite des cultures varie selon leur nature : sur sols ferrugineux tropicaux avec ou sans recouvrement alluvionnaire un assolement de 3 ans de coton suivi de 1 an de dolique est nécessaire, ainsi que sur les sols à recouvrement sablo-limoneux ou limonosableux sur horizon sableux. Par contre les alluvions limoneuses

profondes et les alluvions argilo-limoneuses supportent la culture cotonnière continue. L'alimentation minérale est contrôlée par diagnostic foliaire et les redressements font appel à la fumure K ou P ou PK, selon les types de sols. La pluviométrie très irrégulière, de type cyclonique, pose certaines années des problèmes de drainage en saison des pluies. Par ailleurs la coexistence de la riziculture et de la culture cotonnière sur ce périmètre fait courir des risques de salinité par remontée de la nappe phréatique. L'entretien du réseau de drainage et la diminution du niveau de la nappe phréatique sont des préoccupations importantes pour les responsables du périmètre.

— Manombo : on rencontre les mêmes conditions de sols que sur le Mangoky avec les mêmes problèmes agronomiques. Toutefois on ne craint pas les excès d'eau en raison d'une pluviométrie plus faible, l'absence de riziculture au sein du périmètre et un meilleur drainage naturel.

— Fiherenena : ne reçoit que 300 à 350 mm de pluies sur des sols limno-argileux ou argilo-limoneux de bonne texture. L'eau d'irrigation apporte en abondance les cations K, Ca, Mg. Seul se pose le problème de la fertilisation azotée.

Culture pluviale. Elle s'est développée dans des zones à pluviométrie relativement faible, de 700 mm en moyenne. Dans ces conditions le choix des sols a porté de préférence sur ceux à tendance hydromorphe ou vertique, à bonne capacité de rétention.

Dans de nombreux cas la culture cotonnière continue est la règle, plus particulièrement sur les secteurs où la préparation mécanique des sols, l'enfouissement des cotonniers et le traitement par avion sont assurés par la collectivité ; le semis, l'entretien et la récolte sont assurés par les adhérents auxquels on attribue des parcelles de l'ordre de 0,5 à 1 ha.

Les paysans cultivant pour leur propre compte sont en grande majorité ; ils pratiquent la culture attelée et exploitent de 0,5 à 2 ha de coton. Il existe également un certain nombre d'exploitations motorisées qui cultivent annuellement plusieurs dizaines d'hectares en faisant appel à de la main-d'œuvre salariée.

LES VARIÉTÉS UTILISÉES.

Lors de l'introduction de la culture cotonnière, les variétés de *G. barbadense* et de *G. hirsutum* furent mises en comparaison. Les premières ont été écartées en raison de leur faible production. Parmi les cultivars du *G. hirsutum*, ceux provenant d'Afrique ne furent pas retenus à cause de leur tardivité en culture pluviale ;

seuls ceux des U.S.A. ont été conservés. Le choix variétal devait tenir compte également de présence de bactériose en culture irriguée au Mangoky et dans le Mayombo, de l'existence de la verticilliose sur les vertisols de Tuléar et d'Ihoso et de la nécessité d'un cycle court en culture de décrue.

Culture de décrue : l'**Acala SJ1** a remplacé à partir de 1974 la variété Acala 1517C-651 cultivée auparavant. Elle apportait une supériorité de production en coton graine et palliait le principal défaut de 1517C constitué par un faible indice micronaire et une maturité inférieure.

	MAJUNGA		AMBILOBÉ	
	Acala SJ1	Ac 1517C-651	Acala SJ1	Ac 1517C-651
Production en kg/coton graine par ha.....	3 990	3 750	3 205	2 825
Précocité en % :				
Récolte 1/Récolte totale.....	33	35	60	67
Rendement égrenage %.....	39,1	38,6	39,4	39
Poids capsulaire en g.....	6,6	5,5		
Fibrographie = 2,5 % SL en mm.	29,3	30,5	28,3	29,4
U R %.....	49,9	49,-	48,6	47,3
Micronaire : I M.....	4,04	3,45	3,84	3,30
Fibres mûres %.....	73,7	67,6	72,-	66,-
Pressley : 1 000 PSI.....	91,2	88,1	91,1	88,1

En outre, la taille plus réduite de l'Acala SJ1 le rend moins sensible que son prédécesseur à la verse sous fumure forte.

Culture irriguée : il faut distinguer les zones de Mangoky et de la Mayombo où sévit la bactériose et celle du Fihéréna non affectée par cette maladie.

Dans le périmètre de la Samangoky la longue soie américaine Acala 1517 BR a été lancée en 1967 en remplacement d'Acala 1517C, trop sensible à la bactériose. La variété **Acala 1517 BR** a été remplacée en 1973 par une de ses résélections **SMP 68**, mélange de 30 lignées à production améliorée (+6,5 %). Elles possèdent les gènes récessifs b_7b_7 de résistance à la race 1 de *Xanthomonas malvacearum* apportés par la variété Stoneville 20.

De 1961 à 1972 a été mené sur la station expérimentale de la Samangoky un programme de sélection visant à transférer aux variétés Acala 1517 C et Ac. 442 les gènes dominants de résistance à la bactériose B_2B_3 de la variété africaine TK1. La variété **Samir 730** est un mélange de trois lignées de 1970 issues du croisement

Acala 1517C avec Reba TK1 ayant subi un croisement de retour sur le parent Ac. 1517C et deux croisements avec Acala 442.

	Samir 730	Ac 1517 BR SMP 68
Rendement en kg de coton graine/ha.....	3 015	3 031
Rendement à l'égrenage %.....	38,5	36,8
Poids capsulaire en g.....	5,1	5,3
Poids de 100 graine en g.....	11,6	12,6
Fibrographe : 2,5 % SM en mm.....	29,5	29,2
Micronaire : I.M.....	4,12	4,17
Pressley : 1 000 PSI.....	90,4	94,6

L'évolution des écarts de productivité entre Samir 730 et Acala 1517 BR SMP 68 montre l'intérêt de posséder une variété totalement résistante à la bactériose. Les écarts sont donnés dans le tableau ci-dessous en fonction de l'intensité de cette attaque :

CAMPAGNE	INTENSITÉ bactérienne	NOMBRE d'essais	ÉCARTS DE PRODUCTION Samir 730/Ac 1517 BR
1971.....	+++	1	+ 23,9
1972.....	++	2	+ 18,0
1973 à 78..	+	27	- 0,1 (moyenne n.s. à 0,01)

Plus l'attaque de bactériose est violente, plus l'écart de production est important entre les 2 variétés ; à faible intensité il n'y a plus de différence variétale.

Ces conclusions de l'expérimentation Mangoky s'appliquent également au périmètre de la Manombo.

Culture pluviale : on cultive la variété **Stoneville 7 A** depuis 1967. La première introduction (647) a été suivie en 1973 par une deuxième introduction (702) en provenance d'El Salvador.

	STONEVILLE 7 A	
	702	647
Rendement en kg/ha de coton graine.....	2 322	2 144
Précocité : R1/Rec. totale en %.....	54	48
Rendement égrenage %.....	39,7	39,1
Micronaire : I.M.....	4,2	3,9
Pressley : 1 000 PSI.....	77,2	82,1

La variété qui succèdera à Stoneville 7 A devra être rustique et posséder la même faculté de récupération pour compenser les aléas climatiques et culturels. Le Stoneville 7 A s'est révélé sensible à deux maladies : *Ramulaira areola* et *Verticilium albo-atrum*. Pour être vulgarisée la variété suivante devra absolument avoir un bon comportement vis-à-vis de ces deux maladies.

LA PROTECTION PHYTOSANITAIRE.

Le problème prioritaire qui s'est posé aux responsables du projet de développement de la production cotonnière au cours des années 1950 fut la maîtrise du parasitisme caractérisé par un nombre réduit de genres et d'espèces, mais par des niveaux de populations importants : *Heliothis armigera*, *Earias insulana* et *E. biplaga* constituaient au départ les principaux déprédateurs, suivis dans les plantations mal conduites et mal protégées par *Platyedra gossypiella*. *Dysdercus* pouvait atteindre des taux d'infestation importants avec de graves conséquences pour la récolte ; il en était de même pour *Aphis gossypii* dans le nord-ouest. Les autres ravageurs tels que *Xanthodes*, *Bemisia*, *Spodoptera* et *Tetranychus* jouaient un rôle négligeable.

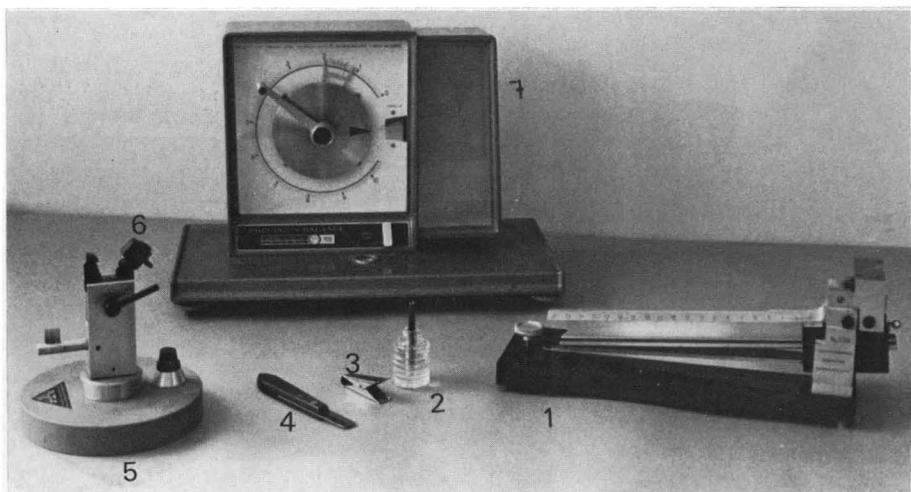
C'est grâce à la définition d'un programme de traitements sur calendrier préétabli que la production cotonnière a pu débiter commercialement en 1957 dans le sud-ouest en culture irriguée et en culture pluviale. Au cours de l'étape suivante 1955-65 les programmes de recherche se développaient en faisant appel aux nouveaux insecticides de synthèse sur des centres d'expérimentation créés à Tulear et le Mangoky.

Parallèlement à l'étude des produits, doses et fréquences, s'amorçait le passage des traitements terrestres aux applications par voie aérienne.

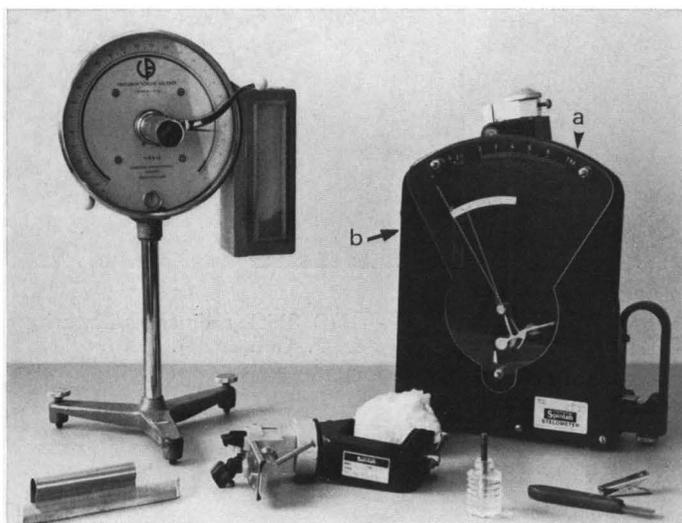
Dans le même temps s'effectuait dans le Nord-Ouest le lancement de la culture de décrue comportant la mécanisation des traitements terrestres. Les travaux de recherche et de mise au point des techniques s'effectuaient sur le Centre d'Antanimalandy. Un programme de contrôle du comportement des insectes aux insecticides a été établi et, avec des objectifs à plus long terme, un projet de lutte intégrée faisant appel à l'emploi des entomopathogènes et des entomophages. Ces programmes ont débuté en 1972 à Tulear pour l'étude des DL 50 et des entomophages et à Tanandava pour l'emploi des entomopathogènes.

Actuellement des problèmes nouveaux apparaissent, en particulier des difficultés dans la maîtrise de la protection contre *Spodoptera* et *Earias* dans le nord-ouest.

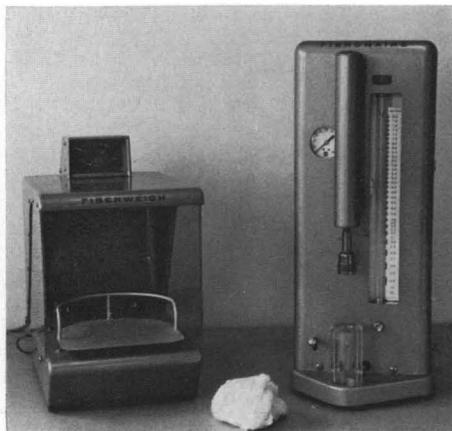
L'évolution des recommandations phytosanitaires a suivi tout



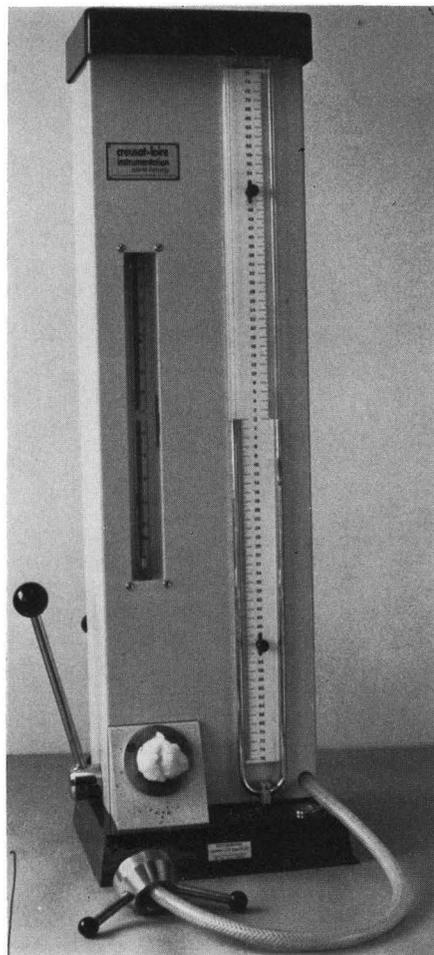
PH. 78. — (1) Pressley Strength Tester, (2) tournevis de serrage des pinces (3), couteau en (4), étau en (5) à couple de serrage constant, (6) pinces et (7) balance de torsion (J. GUTKNECHT).



PH. 79. — Stélomètre et ses accessoires similaires aux précédents : (a) cadran de lecture de la rupture, (b) l'allongement (J. GUTKNECHT).



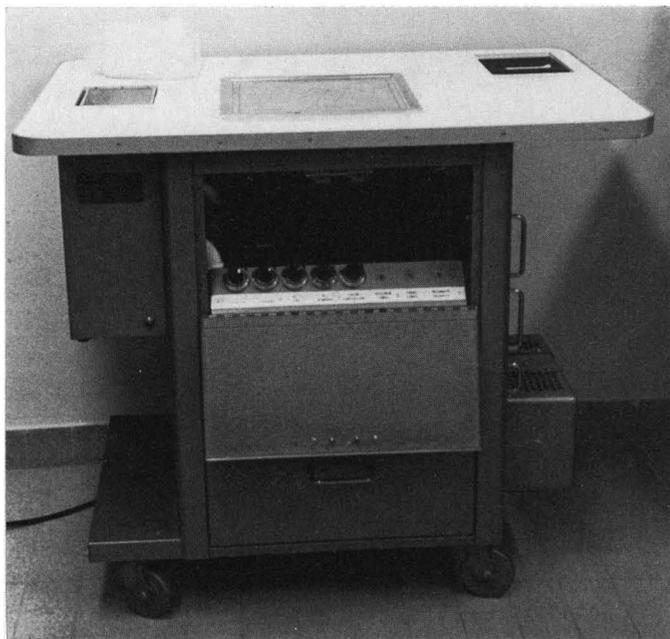
PH. 80. — Fibronaire, sa balance et l'échantillon à analyser au centre (J. GUTKNECHT).



PH. 81. — Maturimètre type I.T.F. : à droite graduations de lecture, à gauche manette de changement du taux de compression (J. GUTKNECHT).



PH. 82. — IIC Shirley Fineness/Maturity Tester (J. GUTKNECHT).



PH. 83. — Colorimètre Spinlab type NICKERSON-HUNTER (J. GUTKNECHT).

naturellement celle de la création de produits répondant le mieux à la destruction des ravageurs. On note donc que la formulation de référence est encore constituée par un mélange de monocrotophos et de DDT. En outre l'apparition très récente des pyrethrinoides modifiera vraisemblablement un grand nombre de traitements utilisés actuellement. En ce qui concerne la pratique des traitements l'avion s'impose particulièrement dans les périmètres irrigués en raison des aménagements hydrauliques, des sols impraticables durant l'irrigation et du grand développement végétatif du cotonnier.

En culture de décrue le traitement au sol à l'aide de tracteurs enjambeurs donne de bons résultats, mais le traitement avion s'avère beaucoup plus économique. En culture pluviale le traitement ULV manuel est en cours de vulgarisation pour les paysans isolés. Les cultures groupées bien conduites peuvent supporter le coût des traitements par avion.

En conclusion le parasitisme évolue en fonction des conditions climatiques de la campagne et de la pression exercée par les traitements sur les déprédateurs. Les mesures de protection adoptées au cours de ces 25 dernières années ont permis d'assurer le contrôle du parasitisme d'une manière satisfaisante, mais la pression parasitaire subsiste même si sa forme se modifie. C'est une des raisons pour lesquelles le champ des recherches s'est renforcé par la création d'un laboratoire pour l'étude des doses léthales (DL 50) et leur évolution sur les insectes connus et la prévision de programmes sur l'emploi des entomophages et des entomopathogènes dans la lutte contre les déprédateurs du cotonnier.

CHAPITRE XXI

AMÉRIQUE LATINE

On peut la diviser géographiquement en trois zones :

— *le MEXIQUE* dont certaines régions cotonnières sont très proches de celles des U.S.A., Californie en particulier, et d'autres très similaires à celles du Guatémala. On y pratique la culture pluviale et irriguée ;

— *l'AMÉRIQUE CENTRALE* comprenant un ensemble relativement comparable de sols et de types de cultures que l'on rencontre au Guatémala, El Salvador, Honduras, Nicaragua et Costa Rica. Toutes sont du type « culture pluviale » ;

— *l'AMÉRIQUE DU SUD* dont chaque pays mériterait une étude spéciale de sa culture cotonnière tant sont diverses les conditions dans lesquelles elle se pratique, la diversité allant jusqu'à la région pour certains d'entre eux (Venezuela, Brésil par exemple). On y pratique toutes les formes de cultures, pluviales, irriguées ou combinées et de décrue.

AMÉRIQUE CENTRALE

De nombreux écrits et témoignages des arts, sculptures, dessins et peintures, prouvent que le cotonnier était déjà cultivé en Amérique Centrale bien avant l'arrivée de Christophe Colomb. Il eut été d'ailleurs étonnant que cette région du monde soit le berceau d'espèces de *Gossypium* à fibre sans que les habitants, fort ingénieux, ne se soient pas rendu compte de l'utilité de cette plante.

L'importance des cultures, dont on sait peu de choses dans le lointain passé, fut très variable dans les derniers siècles et en 1870 environ on n'en trouve pratiquement plus trace. Les historiens qui se sont penchés sur cette disparition, l'attribuent d'une part

à l'insalubrité des régions côtières où se cultivait traditionnellement le cotonnier (paludisme et fièvre jaune) et, d'autre part, aux conditions climatiques favorables au parasitisme que l'on ne savait pas combattre. Ce n'est qu'aux environs des années trente de ce siècle que les premières cultures réapparurent, les obstacles signalés ayant été en partie levés. Elles furent en leur début d'importance

TABLEAU LXII

Productions cotonnières récentes d'Amérique Latine

PAYS	1970	1975	1976	1979-80	
	Fibres (1 000 t)				kg/ha fibre
Mexico.....	312	197	227	334	898
<i>Amérique Centrale:</i>					
Costa Rica.....	1	—	2	2	373
El Salvador.....	55	60	70	65	804
Guatemala.....	57	102	138	149	1 184
Honduras.....	2	3	7	8	566
Nicaragua.....	78	109	119	22	558
<i>Amérique du Sud:</i>					
Argentine.....	85	133	170	173	306
Bolivie.....	10	12	15	11	462
Bésil.....	594	396	553	553	258
Colombie.....	117	121	149	121	560
Équateur.....	4	10	10	10	482
Paraguay.....	7	33	65	87	286
Pérou.....	88	63	65	93	658
Vénézuéla.....	16	24	19	20	358

très modeste et en 1935 avec l'extension des surfaces apparurent de petits équipements d'égrenage chez les planteurs comme cela existait aux U.S.A.

Ce n'est vraiment que durant la seconde guerre mondiale, alors que le marché international cherchait à satisfaire la demande et qu'il était très difficile aux petits pays de l'isthme d'obtenir les tissus dont ils avaient besoin, que la culture prit véritablement le grand essor qu'on lui connaît encore à l'heure actuelle.

Pour exemple de culture en Amérique Centrale nous prendrons l'El Salvador, parce que nous le connaissons bien, qu'il existe des

données agricoles et commerciales exactes et que sa culture a de nombreux points communs avec celle des pays voisins.

EL SALVADOR.

La culture cotonnière s'est caractérisée par des époques florissantes, notamment en 1865 durant la guerre de sécession des U.S.A., et des éclipses presque totales, la dernière se situant en 1930, année durant laquelle il n'y en avait plus que 700 hectares.

Il fallut attendre 1940, date de la création de la Coopérative Cotonnière Salvadorienne, pour que la production soit véritablement organisée sur le plan national. De 1940 à 1948 on est à l'époque des pionniers, celle où la culture cherche sa technique, l'application de celle des U.S.A. se révélant mal adaptée. Les rendements à l'hectare sont de 290 kg de coton graine. Par la suite, la production progresse régulièrement par l'amélioration des techniques de culture et la généralisation des traitements insecticides. Le problème à résoudre pour l'El Salvador à partir de 1964 est, non plus d'augmenter ses rendements par n'importe quel moyen, mais de se montrer aussi économe que possible des frais cultureux, ceux-ci ne cessant de croître (main-d'œuvre, engrais, carburants, insecticides). Des études menées par la Coopé-

TABLEAU LXIII

Productions cotonnières

ANNÉES	PRODUCTIONS coton-graine t	SURFACES ha	kg/ha coton-graine	PRODUCTION fibre t
1940-42.....	5 381	9 797	549	2 053
1949-50.....	15 910	15 471	1 028	6 744
1960-61.....	121 267	56 689	2 139	41 946
1970-71.....	153 001	63 749	2 400	55 245
1971-72.....	188 045	74 489	2 524	68 785
1972-73.....	192 980	94 223	2 048	68 695
1973-74.....	209 483	98 344	2 130	75 106
1974-75.....	209 880	100 570	2 087	76 890
1975-76.....	166 038	79 744	2 082	60 411
1976-77.....	198 519	84 863	2 339	70 595
1977-78.....	227 537	101 671	2 238	80 321
1978-79.....	202 757	105 230	1 927	72 409
1979-80.....	182 619	90 727	2 012	45 226

relative Cotonnière, en collaboration avec l'I.R.C.T. depuis 1964, ont mis au point les moyens les plus efficaces pour faire progresser le rendement et la rentabilité culturale.

A l'heure actuelle la culture cotonnière se place au second rang des productions salvadoriennes, directement après le café.

La Coopérative Cotonnière regroupe l'ensemble des producteurs de coton et nul ne peut entreprendre sa culture sans en être membre. En outre, elle a le monopole de l'égrenage et de toutes les transactions sur la fibre. Cela donne à cet organisme une grande

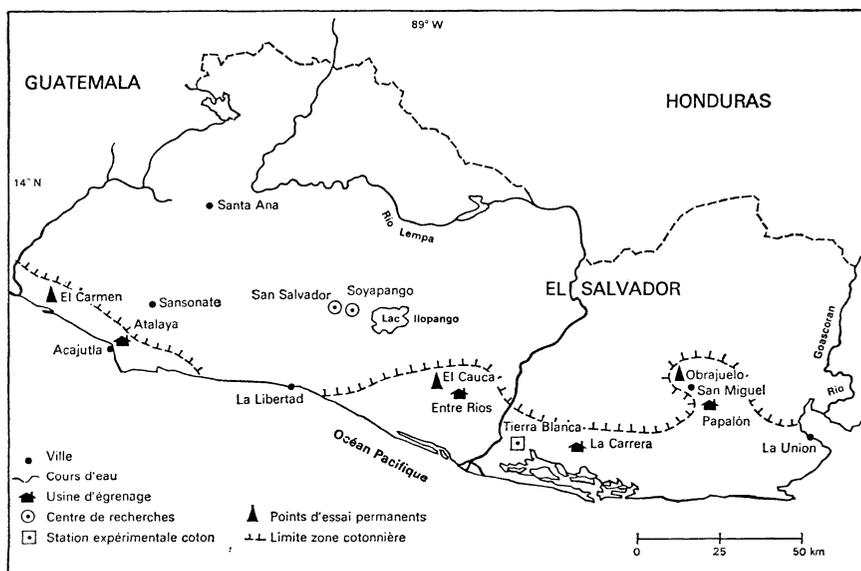


FIG. 90. — Régions cotonnières d'El Salvador.

facilité dans l'organisation de la production, de contrôle dans la qualité de la fibre, d'économie dans les achats groupés d'engrais et d'insecticides, et d'efficacité dans les traitements insecticides.

Presque entièrement situé entre les parallèles 13° et 15° nord et les méridiens 88° et 90° ouest de Greenwich, ce pays s'étend du centre du massif volcanique d'Amérique Centrale à l'Océan Pacifique.

Les zones cotonnières sont situées dans les plaines littorales de l'Océan Pacifique et se prolongent dans la partie plus haute de San Miguel à l'est du pays. Une aire de culture offrirait des possibilités dans le nord de San Salvador, si des spéculations marchandes n'étaient économiquement plus intéressantes pour l'approvisionnement de la capitale.

Le **climat** d'El Salvador est assez complexe en raison de la présence de sa chaîne de montagnes. La zone cotonnière reçoit de 1 600 à 2 000 mm d'eau par an, sauf années exceptionnelles. Le régime des pluies comprend une petite saison des pluies, une petite période sèche en juillet, une grande saison des pluies d'août à mi-novembre et une grande saison sèche de mi-novembre à avril. Les précipitations de juillet sont moins importantes dans l'Est du pays. Le mois de septembre reçoit les plus grandes quantités d'eau ; dans l'ensemble l'ensoleillement est élevé et très favorable au cotonnier, les moyennes annuelles journalières étant supérieures à huit heures et de sept heures pour les mois les plus pluvieux.

Les températures sont relativement stables au cours de la culture ; les moyennes mensuelles évoluent entre 26,2 et 27,4 °C de juillet à janvier.

Toutes ces conditions climatiques concourent à définir un milieu particulièrement favorable au développement du cotonnier.

Quant aux **sols** des zones cotonnières on peut les diviser en trois groupes :

— les sols du littoral très généralement d'origine volcanique (cendres) profonds et très perméables (la densité du sol en place est inférieure à 1). La nappe phréatique est d'accès facile aux racines du cotonnier même durant une partie de la saison sèche. La fertilité très élevée, une bonne perméabilité et une source d'eau pratiquement illimitée placent le cotonnier dans des conditions exceptionnelles de développement qui favorisent l'apparition de facteurs limitant la production : excès d'humidité conduisant à la pourriture des capsules de la base de la plante, barrière foliaire à la pénétration des insecticides et ombre formant obstacle à la photosynthèse, pour ne citer que les principales.

On rencontre également dans cette zone des sols limono-sableux profonds permettant un bon enracinement mais dont la nappe phréatique est inaccessible aux racines en saison sèche, et des sols sableux bien aérés où l'enracinement est très modéré.

— les sols sublittoraux appartiennent au grand groupe des latosols argileux. La surface est argilo-sableuse et les couches plus profondes sont plus riches en argile. Les racines ne peuvent atteindre la nappe phréatique et la végétation s'arrête avec l'installation de la saison sèche. On rencontre ces sols au pourtour de la zone précédente, au pied des montagnes et des volcans et à leurs premiers contreforts. L'exubérance végétative n'est pas à craindre ; la précocité des productions est à rechercher ;

— les sols argilo-limoneux de surface ondulée avec graviers grossiers à environ 90 cm de profondeur. Ils sont tous situés dans la région de l'est du pays (San Miguel, La Union). De fertilité

très variable ils se caractérisent tous par un dessèchement très rapide de l'horizon de culture et un arrêt brutal de la végétation en début de saison sèche. L'essentiel de la production doit être déjà bien développé à l'apparition de cette dernière.

LA CULTURE.

Préparation des sols.

La première préparation des sols est exécutée après le début des pluies d'avril-mai, à l'aide d'une charrue à soc ou à disques pénétrant à 35 cm environ les sols riches et 25 cm les sols pauvres et sableux. Elle est complétée trois semaines après par le passage d'une charrue à disques destinée à détruire les mauvaises herbes et à casser les mottes encore présentes.

Un dernier passage de pulvériseur à disque prépare le lit des semences quelques jours avant le semis.

Ces pratiques sont couramment utilisées par cette agriculture moderne et mécanisée. Il arrive cependant que les agriculteurs ne complètent pas ces préparations par des sous-solages périodiques ; dans ce cas il se constitue une semelle de labour extrêmement compacte et infranchissable aux racines. Le pivot du cotonnier se courbe et se divise donnant au système racinaire la forme dite en « patte de poule ». Cette absence de sous-solage a naturellement des conséquences sur la production et l'alimentation hybride du cotonnier.

Dans les sols situés à la base des volcans de la chaîne Centre américaine, où la pente présente des risques d'érosion souvent visibles, les agriculteurs réalisent le semis sur billons épousant le tracé des courbes de niveau.

Semis.

Les petits agriculteurs font des semis en poquets, à la main. Dans les exploitations mécanisées ils sont exécutés en ligne au semoir distributeur d'engrais ; les graines sont délintées mécaniquement et traitées aux fongicides en usine.

Les semis ont lieu vers le 15 juin dans la zone est, début juillet dans le Centre et jusqu'en fin juillet en zone littorale et à l'ouest du pays. Ce semis tardif est généralement destiné à lutter contre l'exubérance végétative à craindre dans certains sols.

La densité conseillée des plantes à l'hectare est :

— en sols riches de 1 mètre entre lignes et 0,30 à 0,40 entre plantes (25 000 à 33 000 plantes) ;

— en sols pauvres de 0,8 à 0,9 m entre lignes et 0,2 entre plantes (55 000 à 60 000 plantes).

Démariage - binage - buttage.

Le démariage est exécuté généralement deux à trois semaines après le semis. On le combine avec un premier buttage binage et on resème les poquets manquants.

Entretiens des cultures.

Ils sont en nombre variable suivant la propreté des sols. On exécute jusqu'à 5 binages suivis de 3 buttages pour éviter le déchaussement des pieds par les pluies. On profite du second binage pour démarier les poquets qui ont été ressemés.

Le désherbage chimique est couramment utilisé dans les zones basses et fertiles. L'épandage en ULV se fait en post-semis et préémergence.

Récolte.

Les premières capsules apparaissent en début novembre dans la zone de San Miguel, mais les récoltes ne sont générales qu'après le début de la saison sèche dans la seconde quinzaine de novembre. Elles se poursuivent jusqu'en février.

Les récoltes sont manuelles et bien exécutées avec séchage du coton graine en bordure de champ ; la fibre salvadorienne est généralement très appréciée sur les marchés mondiaux pour sa propreté.

Fin de culture.

Après la dernière récolte les plantes sont éliminées soit en les coupant à la machette et en les brûlant chez les petits planteurs, soit en passant le champ au girobroyeur et en incorporant les débris végétaux au sol dans les grandes propriétés. La législation prévoit que l'élimination des restes de culture doit être accomplie avant le 15 mars.

La pratique d'une culture dérobée durant la petite saison des pluies ou grâce à des irrigations appropriées, n'est pas encore rentrée dans les habitudes des agriculteurs. Elle serait pourtant d'un très bon rapport financier et pourrait très certainement résoudre le problème de l'alimentation des populations de ce pays qui cherche à diversifier ses cultures.

DÉFENSE DES CULTURES.

La protection des cultures il y a une quinzaine d'années était devenue un poste élevé des dépenses agricoles ; elle représentait à elle seule plus de 50 % des frais totaux pour 35 à 40

traitements par avion. L'organisation de la défense des cultures a permis de ramener ceux-ci à un nombre encore élevé, mais cependant plus raisonnable, de 12 à 15 pulvérisations par campagne.

Principaux ravageurs.

Bemisia tabaci (mosca blanca). — Ses dégâts directs sont peu importants bien que certaines années sa pullulation soit telle que le mielat que cet insecte dépose sur la fibre provoque des collages en filature. Il est surtout dangereux comme vecteur de virose.

Bucculatrix thurberiella (minador de la hoja). — Son importance économique est faible bien que sa pullulation soit parfois spectaculaire.

Alabama argillacea (gusano medidor). — On observe chaque année la régression de son action; il a presque disparu à l'heure actuelle (provisoirement?).

Trichoplusia ni (gusano falso medidor). — A l'inverse du précédent son activité s'accroît chaque année.

Spodoptera exigua (gusano soldado). — Mal contrôlé par les produits actuels il est à craindre qu'il prenne une importance de premier plan dans peu d'années si rien n'a été entrepris contre lui.

Anthonomus grandis (picudo). — Les dégâts sont très importants sur tous les organes fructifères durant toute la campagne tous les ans.

Heliothis zea (gusano bellotero). — Parasite polyphage, sa pullulation est favorisée par les cultures de maïs qui précèdent le cotonnier. Il est au premier rang des ravageurs avec l'anthonome.

Méthodes de lutte.

Les traitements sont appliqués par zone sur avertissement du service de vulgarisation qui, après comptage journalier, estime la date à laquelle la population d'insectes atteindra un seuil critique. Le niveau de ce seuil est sujet à controverse pour certains déprédateurs, les recherches récentes conduisant à penser qu'il pourrait être sensiblement relevé.

Ces traitements se font exclusivement par avion par traitement traditionnel (50 litres à l'hectare) ou plus généralement maintenant en ULV (3 à 6 litres à l'hectare).

Des tentatives de lutte biologique par élevages de *Trichogrammes* et leurs lâchés sur de grandes surfaces durant plusieurs campagnes ont été réussies. A l'heure actuelle elles se poursuivent sur la station expérimentale de Tierra Blanca (fig. 90) pour retarder la date de la première application d'insecticide. On arrive mainte-

nant à ne commencer les traitements qu'entre la huitième et la onzième semaine après le semis. Toutefois cette lutte n'a pas encore atteint son stade d'utilisation pratique en raison de la discipline de traitement que cela implique pour l'ensemble d'une zone.

Produits utilisés.

On peut les classer en trois groupes :

— les pyrethrinoïdes, d'utilisation récente et qui ont totalement bouleversé les données sur le parasitisme par leur efficacité sur *Heliothis*, *Alabama* et *Bucculatrix* ;

— le parathion éthyl-méthyl dont l'action est jusqu'alors irremplaçable sur l'anthonome ;

— les organo-phosphorés qui agissent sur *Trichoplusia* et d'une façon plus aléatoire sur *Spodoptera*.

Maladies.

La **pourriture des capsules** est certainement la plus importante de toutes les maladies dans cette région. On se trouve relativement désarmé pour lutter car elle est occasionnée par un ensemble complexe de champignons auquel s'ajoute la bactériose. Le seul moyen de lutte actuellement possible est d'agir sur les techniques culturales et les variétés favorisant un développement végétatif raisonnable du cotonnier.

La **bactériose** provoquée par *Xanthomonas malvacearum* est une maladie d'importance secondaire en El Salvador, de nombreuses variétés actuelles possédant des gènes de résistance.

La **virose**, transmise par *Bemisia tabaci*, est responsable de perte de production. La résistance à cette virose existe chez BJA 592 qui est immune même en milieu très infesté. La variété Cedix récente possède une très bonne tolérance qui en a fait son succès productif.

LA FERTILISATION.

Le milieu cultural rencontre en El Salvador un ensemble de conditions favorisant la production mais, en même temps, l'exubérance végétative. De nombreuses études ont permis de fixer à $1,80\text{ m} \pm 0,10$ la taille optimale du cotonnier.

La fertilisation peut avoir deux conséquences dans ce pays, soit en favorisant l'exubérance végétative elle diminue le rendement, soit en corrigeant les déficiences elle augmente la rentabilité de culture. On conçoit donc la précision avec laquelle les formules d'engrais doivent être calculées.

Pour résoudre ce problème une formule PKS a été mise au point en y incluant le bore afin de prévenir sa déficience. Puis les besoins en azote ont pu être précisés lorsqu'il a été déterminé que les teneurs en matière organique et sable grossier expliquaient les réactions du cotonnier aux apports de cet élément. La matière organique agit comme source d'azote alors que la teneur en sable favorise les pertes par entraînement en profondeur. Il a été possible, connaissant ces deux composants du sol, de déterminer le seuil où se situe la déficience azotée en l'exprimant par le rendement d'une culture non fertilisée par rapport à une culture fertilisée (en %). Si ce rapport est égal ou supérieur à 100 les apports d'azote seraient sans effet ou provoqueraient une action dépressive. Dans le tableau LXIV, nous avons mentionné les diverses formules utilisées en fonction de la déficience calculée par la formule :

$$\text{Déficience (D) en azote} = 121 - 0,75 \text{ SG \%} - \frac{198}{\text{C } \text{‰}}$$

Chaque sol peut être classé dans l'une ou l'autre formule lorsque l'on connaît pour l'horizon 0 à 50 cm :

— la teneur en sable grossier de 0,2 à 2 mm en pour cent de terre sèche (SG % dans la formule) ;

— la teneur en carbone en pour mille de terre sèche (C ‰ dans la formule).

Cette méthode permet très simplement et très rapidement de déterminer pour chaque culture la formule d'engrais à appliquer et de pouvoir la faire évoluer en fonction des successions culturales.

TABLEAU LXIV

Formules salvadoriennes d'engrais en kg/ha

FORMULES	DÉFICIENCE EN N calculée (D)	AU SEMIS			URÉE EN COURS de végétation	
		15.15.15	Urée	Sulfate ammo- niaque	50 jours	70 jours
I	Nulle à faible (D. de 100 à 95 %).	200	0	0	0	0
II	Moyenne (D. de 95 à 80 %).	200	125	65	65	0
III	Forte (D. de 80 à 60 %).	200	125	125	65	65
IV	Très forte (D. inférieure à 60 %)	200	125	125	100	100

L'utilisation de ces formules est compatible avec les forts rendements que l'on peut atteindre en El Salvador, généralement plus de 3 000 kg de coton-graine à l'hectare.

LES VARIÉTÉS.

Durant les vingt dernières années plusieurs variétés furent utilisées en El Salvador successivement ou conjointement puisque la législation ne prévoit aucune interdiction à l'introduction de variétés lorsqu'elles sont issues de cultures provenant de zones immunes de *Pectinophora gossypiella*. Ce furent tout d'abord Deltapine 15, Deltapine Smooth leaf et Stoneville 7 A. Des tentatives de culture d'Acala 1517 Br2, pour répondre à un besoin en fibre de bonne résistance, ne furent pas poursuivies en raison du faible rendement à l'hectare de cette variété, de son rendement à l'égrenage assez bas, et de sa sensibilité à la pourriture des capsules.

La variété **Stoneville 213** a donné les meilleures productions de ces dernières années, mais la généralisation de sa culture ne résolvait pas le problème de la résistance de la fibre, son PSI se situant autour de 75 000 rarement plus mais parfois moins.

Un programme de sélection à partir du triple hybride HAR 48 créé à Bouaké croisé avec Stoneville 7 A fut donc entrepris en 1968 et à l'heure actuelle l'El Salvador possède une nouvelle variété **CEDIX** qui apporte de nombreuses améliorations sur toutes la variétés connues à ce jour dans ce pays :

- port réduit rendant sa végétation moins exubérante ;
- bonne adaptation à tous les sols de la zone cotonnière ;
- une production à l'hectare très supérieure ;
- une très nette augmentation de rendement à l'égrenage ;
- une bonne tolérance à la mosaïque transmise par *Bemisia*.

	Stoneville 213	CEDIX
Production en kg/ha : coton-graine.....	3 217	3 515 (+9 %)
fibre.....	1 136	1 350 (+18 %)
% fibre en usine.....	35,3	38,4
Poids 100 graines g.....	9,6	9,1
Poids capsulaire g.....	5,5	5,1
Longueur moyenne entre nœud cm.....	4,6	4,1
Longueur 2,5 % SL mm (fibrographe).....	27,6	28,4
Micronaire I.M.....	4,7	4,4
Pressley : 1 000 PSI.....	81,1	93,4
Maturité : % fibres mûres.....	82	78
Stélomètre : g/tex.....	17,3	19,3
Al %.....	8	6,3
Fil : tenacité à 27 tex.....	13,5	14,7

Cette variété, entrée en grande culture en 1978-79, et pourrait satisfaire toutes les demandes dès 1980-81. Son potentiel productif est élevé en raison de sa bonne adaptation à son milieu mais il est variable suivant les zones de culture (littoral, San Miguel).

AMÉRIQUE DU SUD

Le Paraguay sera pris comme exemple, non parce que sa culture cotonnière a des points communs avec celle de cet hémisphère, mais en raison de la présence depuis plus de dix années d'une mission permanente de coopération de l'IRCT. Elle nous a permis de baser cette étude sur des résultats directement observés.

PARAGUAY.

La culture cotonnière au Paraguay fut pratiquée de tous temps par les Guaranis, mais elle ne prit un réel essor qu'à la suite des encouragements des pouvoirs publics au début du xx^e siècle.

Ce pays, situé en hémisphère sud et traversé en son milieu par le tropique du Capricorne, possède des sols et un climat convenants à cette culture. La zone orientale est la plus importante alors que, dans le Chaco, seules les colonies mennonites ont réussi à obtenir des rendements acceptables dans des conditions souvent difficiles (fig. 91).

Le Paraguay, situé assez loin des mers et limité par le Brésil et la Bolivie au nord, l'Argentine au sud, possède un **climat** continental relativement modéré dans la zone orientale mais avec des variations de températures assez importantes de 18 à 40° C. durant la période cotonnière d'octobre à avril, plus accusées dans le Chaco où elles montent jusqu'à 45° C en février et mars. Ces températures sont assez basses durant l'hiver, les gelées de mai à septembre ne sont pas rares.

La pluviométrie est assez bien distribuée d'octobre à juin avec des totaux annuels variant de 1400 à 1700 mm dans la zone orientale et de 500 à 800 mm dans le Chaco. La saison humide est suivie d'une saison plus sèche.

A l'heure actuelle la production cotonnière est entre les mains d'un grand nombre de petits agriculteurs (80 000 environ) dont chacun réserve rarement plus de un à deux hectares à cette culture.

L'exploitation, comme par le passé, est du type familial mais, avec les succès récents de nouvelles variétés mieux adaptées à cette région que les anciennes, quelques fermes du Sud de plus grande superficie commencent à s'intéresser à cette spéculation agricole.

Les sols à vocation cotonnière de la partie orientale du Paraguay sont en général très profonds, bien drainés avec une

perméabilité satisfaisante. Sur formation basaltique les sols argileux ont tendance à devenir compacts et perdent leur bonne structure après débroussement et labours motorisés.

TABLEAU LVX

Production cotonnière du Paraguay

ANNÉES de culture	SUPERFICIES en cotonniers (1 000 ha)	PRODUCTION fibre (t)	RENDEMENT coton-graine (kg/ha)
1959-60.....	65	—	—
1964-65.....	48	13 700	697
1969-70.....	48	12 800	778
1970-71.....	32	5 600	519
1971-72.....	50	13 200	810
1972-73.....	87	22 700	803
1973-74.....	102	24 000	735
1974-75*	112	32 400	886
1975-76.....	105	33 100	971
1976-77.....	220	72 800	1 011
1977-78.....	309	91 200	922
1978-79.....	320	73 150	715**
1979-80.....	225	85 000	1 150

* Année de diffusion de Reba B50.

** Conséquence d'une forte sécheresse.

Ces sols ont une forte teneur en fer et aluminium et le pH permet de les classer en deux grands groupes :

- roche mère de grès ou granit : pH de 4 à 5,5 ;
- roche mère de basalte : pH de 5,6 à 7.

Les sols sableux sont très pauvres en azote et ont une capacité d'échange très faible. Les sols dits intermédiaires, limono-sableux, plus riches en azote, ont une capacité d'échange plus élevée. Les latosols, limono-argileux ou argileux, sont nettement plus riches.

Les terres des colonies mennonites du Chaco en zone occidentale sont halomorphes grumosols avec quelques zones de sols hydromorphes ou apparentés. Ils sont de perméabilité lente.

MÉTHODE DE CULTURE.

On pratique généralement l'assolement tabac — tabac manioc — manioc coton, le tabac pouvant être remplacé par du maïs dans certaines régions.

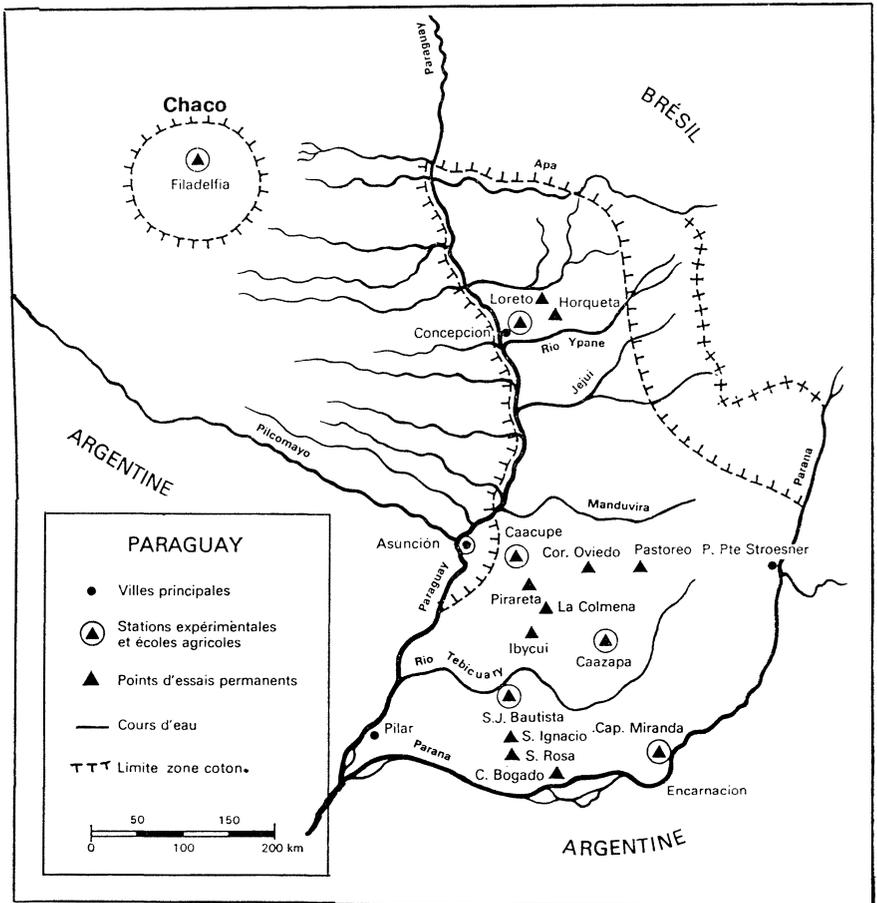
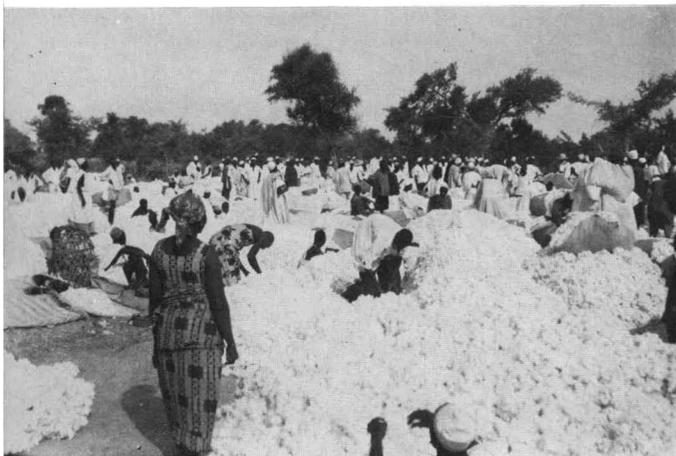


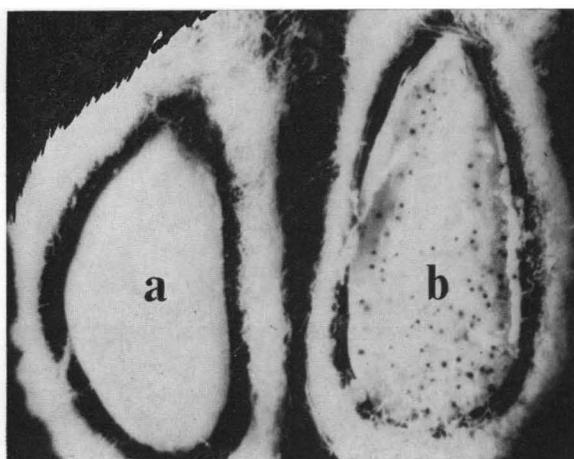
FIG. 91. — Régions cotonnières du Paraguay.

Un premier **labour** a lieu en juillet à la fin de la saison des pluies et deux mois environ avant le semis. Il permet d'enfouir tous les débris végétaux. Le sol est laissé ainsi au repos durant la saison sèche réduisant les pertes par évaporation. Ce labour de profondeur, variable suivant le mode de traction employé (20 à 30 cm), est suivi d'un second labour plus superficiel (10 à 15 cm) une dizaine de jours avant le semis. La préparation est terminée par un passage de pulvérisateur à disques ou de herse.

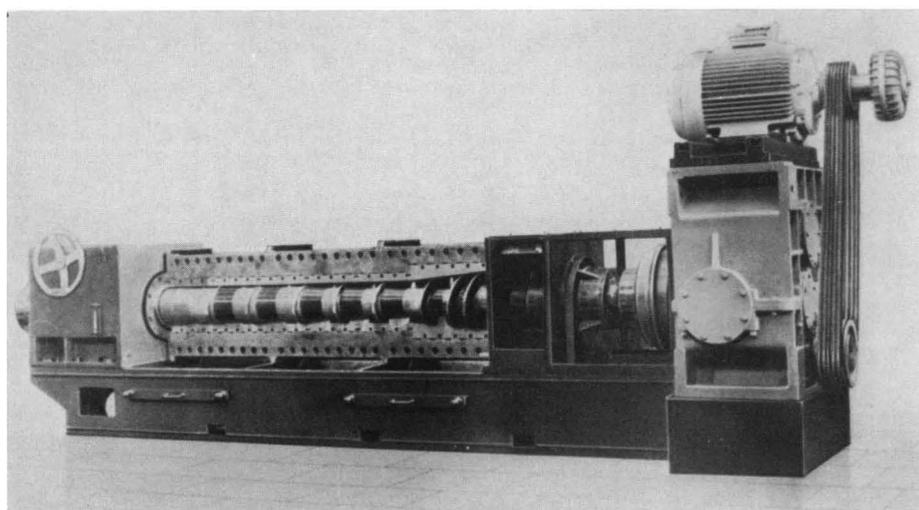
Les semences sont traitées contre la fonte des **semis** et les ravageurs divers. Les semis ont lieu du 15 septembre au 15 octobre dans la partie nord d'une ligne partant d'Asunción vers le NNE du pays et en octobre novembre pour la partie sud de cette même ligne. Ils sont exécutés généralement soit à la main chez les



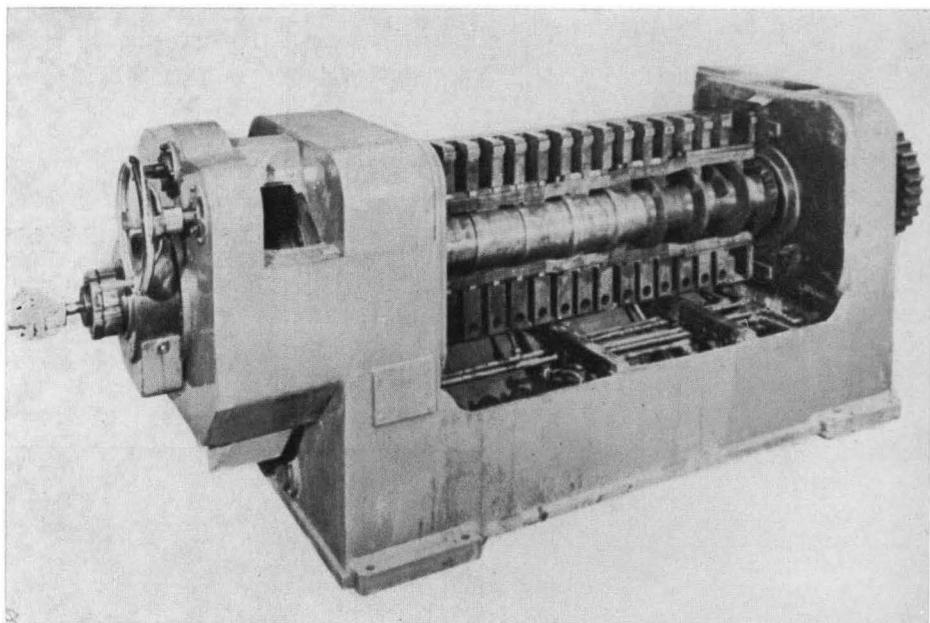
PH. 84. — Marché africain où chaque agriculteur vend sa propre production à l'organisme officiel collecteur (C.F.D.T.).



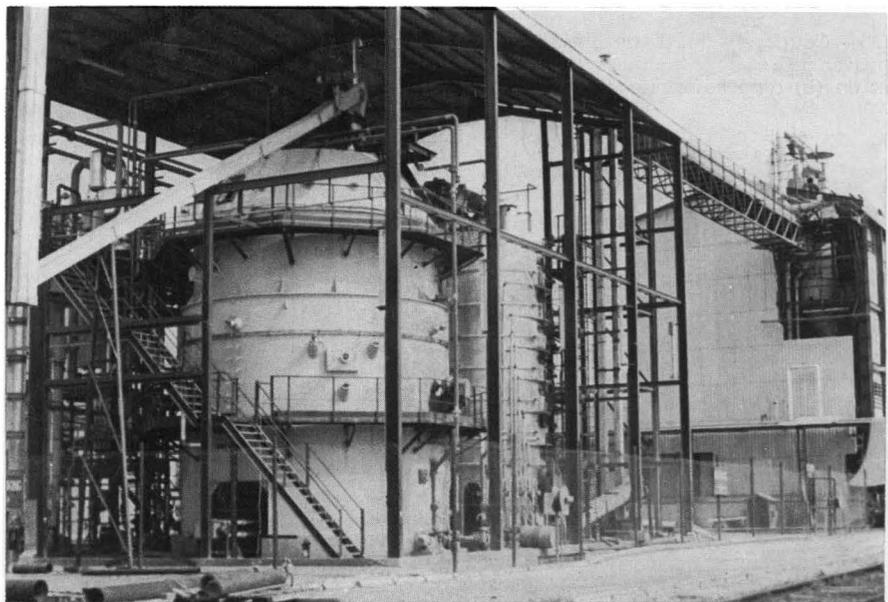
PH. 85. — Coupe en (a) d'une graine en provenance d'un cotonnier glandless et en (b) d'un cotonnier courant.



PH. 86. — Press SPEICHIM type SG500 utilisée pour la pré-pression des graines de coton.



PH. 87. — Press SPEICHIM type SG400 de pression unique pour graine de coton.



PH. 88. — Usine d'extraction d'huile de coton par solvant construite par SPEICHIM au Nigeria (600 t/24 heures).

très petits propriétaires, soit au semoir associé au distributeur d'engrais pour ceux utilisant la mécanisation.

La **densité** de plantation est adaptée à la richesse des sols par des écartements entre lignes de 1 m en sols pauvres ou moyennement riches et 1,4 m en sols très riches. Dans le premier cas les poquets sont espacés de 0,25 et dans le second de 0,40. Le **démariage**, qui a lieu un mois après le semis, conserve deux plants par poquet soit des densités de culture de 80 000 plantes par hectare en sols pauvres et 37 000 en sols riches. Le démariage s'accompagne d'un **sarclage-buttage**.

Au cours de la campagne on exécute généralement cinq sarclages espacés d'un mois à l'aide de la bineuse tractée, ou à la houe à main. On compte environ trois buttages ou plus, pour protéger le cotonnier contre un déchaussement causé par les pluies.

La **cueillette** du coton s'effectue par trois ou quatre passages de la main-d'œuvre sur le champ. Le coton est ensuite séché avec d'autant plus de soin que la récolte coïncide parfois avec une forte pluviométrie en zone orientale. La pratique de la séparation du coton blanc et tâché n'est pas encore entrée dans les habitudes des agriculteurs.

A la fin de la campagne les cotonniers sont arrachés ou coupés et souvent brûlés en même temps que les débris végétaux. La législation rend cette opération obligatoire.

LA FERTILISATION.

A l'heure actuelle la seule source de matière organique utilisée comme engrais au Paraguay est l'enfouissement des débris végétaux des cultures. Les engrais minéraux sont épandus en lignes parallèles à 10-15 cm des cotonniers, à la main ou mécaniquement au moment du semis.

On utilise 75 kg à l'hectare de phosphate d'ammoniaque, c'est-à-dire 13,5 unités d'azote et 34,5 de P_2O_5 et 150 kg de chlorure de potassium soit 90 de K_2O .

Des études en cours permettront de mieux adapter les formules aux divers types de sols rencontrés.

LA DÉFENSE DES CULTURES.

L'existence d'une saison relativement froide maintient dans des limites raisonnables un parasitisme qui n'est qu'exceptionnellement très dangereux. Les semis doivent être repris parfois partiellement.

TABLEAU LXVI

Les ravageurs du cotonnier

GENRE ESPÈCE	NOM VERNACULAIRE	OBSERVATIONS
<i>Heliothis zea</i> et <i>H. virescens</i>	Gusano perillero	attaque souvent très grave.
<i>Pectinophora gossypiella</i>	lagarta rosada	attaque de fin de saison très dangereuse pour la qualité du coton.
<i>Alabama argillacea</i>	oruga de la hoja	par sa défoliation, peut être préjudiciable à la récolte.
<i>Dysdercus</i> spp.	chinche tintorea	responsable de pourriture de capsules dans le nord.
<i>Eutinobothrus brasiliensis</i>	broca del tallo	mine et sectionne la plante, peut éliminer jusqu'à 20 % de cotonniers.
<i>Agrotis ypsilon</i>	ybytasó	ravageurs du jeune âge n'ayant qu'une incidence économique très exceptionnelle.
<i>Alla sexdens</i>	ysaú	
<i>Thrips tabaci</i>	trips	
<i>Aphis gossypii</i>	pulgon	
<i>Hemitarsonemus latus</i>	ácaro blanco	peu important actuellement.

L'extension récente de la culture cotonnière n'a pas encore permis de généraliser les traitements insecticides. Le nombre des pulvérisations ne dépasse que très rarement trois à quatre dans les zones principales de culture — au sud du parallèle d'Asunción — et six à sept dans les régions productrices de semences. Partout ailleurs, et en particulier dans le nord du pays, les traitements sont encore peu pratiqués.

Parmi les nombreux produits insecticides disponibles sur le marché l'expérience a déterminé la protection type suivante :

— Diméthoate à raison de 300 cc du p. c. à l'hectare, soit 120 g. de m.a. pour chacun des deux traitements exécutés 15 jours et 35 jours après le semis.

— Monocrotophos à 1250 cc. de p. c. à l'hectare, soit 750 g de m.a. pour chacun des cinq traitements exécutés tous les 20 jours du soixantième au cent-vingtième jour de culture.

Les **maladies** du cotonnier ont été responsables pour la plus grande part, dans le passé, du quasi abandon de cette culture par les agriculteurs du Paraguay :

— *Rhizoctonia solani* dont les attaques sur les semis sont favorisées par les basses températures humides ; on lutte assez efficacement par le traitement des semences.

— *Fusarium oxysporum f. vasinfectum* ou Wilt ne se rencontre que dans les sols à nématodes ; on lutte par la résistance ou tolérance variétale.

— *Xanthomonas malvacearum* ou bactériose a été le principal responsable de la stagnation de la production cotonnière tant que n'a pas été trouvée une variété résistante (Reba B50) vulgarisée à partir de 1974.

LES VARIÉTÉS.

Du XVIII^e siècle aux années 1905 on a cultivé au Paraguay des variétés de *G. barbadense* : Criollo, le Mandy-Yù des Guaranis, et Sea Island introduit en 1863.

En 1906, furent introduits les premiers types de *G. hirsutum* Allen et Bulpaper. Les *G. barbadense* furent alors totalement et définitivement abandonnés et les agriculteurs cultivèrent par la suite de nombreuses variétés sélectionnées aux U.S.A. : Cleveland Bigboll, Deltapine 12 et 15, Empire Carolina Queen entre autres. Mal adaptées aux conditions de climat, de sol, et aux maladies, les surfaces cotonnières restèrent très modestes en raison des faibles rendements obtenus.

Le grand essor cotonnier s'est produit à la suite de l'introduction en 1969 du **Reba B50** d'origine africaine, issu du croisement Stoneville 1439 × Allen 50T. Sa résistance à la bactériose et les bonnes récoltes qui s'ensuivirent sauvèrent l'avenir de cette production dont les coûts cultureux augmentaient sans cesse. En 1978

	Carolina Queen (ancienne variété)	Reba B 50	Reba P 279 du Paraguay
Production en kg/ha : coton-graine..	1 579	1 914	2 123
fibre.....	559	679	839
% fibre.....	35,4	35,4	39,5
Longueur 2,5 % SL mm.....	27,7	28,6	28,5
Micronaire I.M.....	3,6	4,2	4,4
Pressley = 1 000 PSI.....	82,6	89,8	90,1
Stéломètre = g/tex (TI).....	17,1	19,1	20,1
Al % (El).....	7,7	7,2	7,9
Le fil : résistance à Nm 40.....		14,8	15,2
Neps.....		266	207

cette variété couvrirait l'ensemble des cultures : son remplacement est déjà prévu par une création locale : le **Reba P279** issu du croisement (Reba B50 × Deltapine Smooth leaf) introduit de Thaïland au stade F3. En 1981, l'ensemble des cotonneraies paraguayennes devrait être de cette dernière origine car elle offre, outre une amélioration des caractères technologiques — en particulier le rendement à l'égrenage et la résistance — une bonne production liée à la présence des gènes de résistance à la bactériose (B_2B_3 et B_9B_{10}) du Reba B50.

ANNEXES

ANNEXE 1

Caractéristiques morphologiques générales des cotonniers cultivés

ÉLÉMENTS DE LA PLANTE	GOSSYPIUM DIPLOÏDES		AMPHITÉTRAPLOÏDES	
	G. herbaceum	G. arboreum	G. hirsutum	G. barbadense
<i>Couleur du tronc</i>	vert clair à rougeâtre	vert à rouge foncé	vert clair à brun	vert foncé à brun
<i>Feuillage :</i>				
Couleur du limbe.....	vert à vert clair	vert foncé	vert	vert foncé
Longueur cm.....	3,5 à 7	4 à 9	7,5 à 10	9 à 15
Nombre de lobes.....	5 à 7	5 à 7	3 à 5	3 à 5
Forme des lobes.....	arrondis	ovoïde à lancéolé	triang. à large base	découpe profonde, lancéolé
<i>Fleur :</i>				
Grandeur du calice cm.....	1 à 2	1,5 à 3,5	2,5 à 3,5	3,5 à 5
Nombre de dents du calice..	7 à 10	3 à 6	7 à 15	5 à 12
Longueur de la corolle cm..	2 à 3	2 à 5	3,5 à 4,5	5 à 7
Couleur des pétales.....	jaune clair	blanc à jaune rosé	blanc à jaune paille	jaune soufre
Macule.....	rouge peu accentué	grande et rouge foncé	absente	petite, rarement absente
Bractée : dimension cm.....	2,5 à 3	2 à 3	4 à 6	4 à 7
forme.....	découpée	quasi entière	très découpée	très découpée
surface.....	lisse	alvéolée	lisse	grêlée
couleur.....	vert clair à vert	vert à vert foncé	vert à vert clair	vert foncé
<i>Capsule :</i>				
Nombre de valves.....	3 à 4	3 à 4	4 à 5, rarement 3 et 6	3 à 4, rarement 5
<i>Graines :</i>				
Duvet.....	vêtues, très rarement nues	vêtues, rarement nues	vêtues, rarement semi-vêtues	nues à semi-vêtues
Couleur duvet.....	blanc, gris à verdâtre	blanc, gris à verdâtre	blanc à gris	verdâtre à gris

ANNEXE 2

Programme de fertilisation annuelle à partir de 1980

États	Fertilisation au semis						Fertilisation complémentaire	Éléments fertilisants				
	Composition %							totaux en kg/ha				
	kg/ha	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B ₂ O ₃		N	P ₂ O ₅	K ₂ O	S	B ₂ O ₃
Sénégal.....	150	8	18	27	8	1	à 40 jours 50 kg/ha urée.. 50 kg/ha chlor. pot..	34	27	70	12	1,5
Mali.....	200	14	23	14	10	1	à 40 jours 50 kg/ha urée..	50	46	28	20	2
Haute-Volta.....	150	14	23	14	6	2	à 40 jours 50 kg/ha urée...	43	34	21	9	3
Côte d'Ivoire.....	250	10	18	18	7	1	à 60 jours 50 kg/ha urée...	47	45	45	17	2,5
Togo :												
Savane centre.....	200	14	23	14	5	2	à 50 jours 50 kg/ha urée...	50	46	28	10	4
Plateaux marit.....	150	14	23	14	5	2	à 50 jours 50 kg/ha urée...	43	34	21	7	3
Bénin :												
Terre barre.....	150	14	23	14	5	2	au semis 50 kg/ha chl. pot.	21	34	51	7	3
Ferrugin.....	200	14	23	14	5	2	à 50 jours 50 kg/ha urée...	50	46	28	10	4
Tchad.....	100	21	12	18	6	2		21	12	18	6	2
Cameroun.....	250	15	15	15	3	1	à 40 jours 50 kg/ha urée...	60	37	37	7	2
R.C.A. :												
Est.....	150	20	15	0	6	2	floraison : 50 kg/ha urée..	52	22	0	9	3
Centre.....	200	20	0	15	4	1	floraison : 50 kg/ha urée..	62	0	30	8	2
Ouest.....	mélange sulf. amm. et urée au semis						floraison : 50 kg/ha urée..	62	0	0	8	2

ANNEXE 3

**Expression phénotypique de la présence ou de l'absence de glande
des différents allèles ou combinaison d'allèles**

LOCI	GÉNOTYPES	PHÉNOTYPE
gl ₁	Gl ₁ Gl ₁	Plante présentant une densité et une distribution des glandes normales.
	gl ₁ gl ₁	Hypocotyle, tiges, pétioles et parois carpellaires sans glandes. Cotylédons, feuilles et graines normalement glanduleux.
gl ₂ -gl ₃	Gl ₂ Gl ₂ Gl ₃ Gl ₃ Gl ₂ gl ₂ Gl ₃ Gl ₃ Gl ₂ Gl ₂ Gl ₃ gl ₃	Plante présentant une densité et une distribution des glandes normales.
	Gl ₂ Gl ₂ gl ₃ gl ₃ (monomère Gl ₂)	Hypocotyle glanduleux, mais cotylédons présentant un nombre réduit de glandes réparties sur toute la surface. Plante normale jusqu'à un stade avancé de la capsulaison, avec des stipules peu glanduleuses. Les feuilles nouvellement formées présentent de moins en moins de glandes dans le limbe entre les nervures principales, et les capsules sont presque normalement glanduleuses. Graines normales.
	gl ₂ gl ₂ Gl ₃ Gl ₃ (monomère Gl ₃)	Hypocotyle glanduleux, mais cotylédons présentant un nombre réduit de glandes réparties sur toute la surface. Plante normale jusqu'au stade 12-13 nœuds (début floraison) avec des stipules peu glanduleuses. Les feuilles nouvellement formées peuvent être presque glandless. Cette réduction des glandes est plus prononcée et plus précoce que chez Gl ₂ Gl ₂ gl ₃ gl ₃ . Les capsules sont glandless en fin de végétation. Graines normales. Ce phénotype correspondrait au phénotype « feuille glandless » de RHYNE (52) et RHYNE <i>et al.</i> (56).
	Gl ₂ gl ₂ Gl ₃ gl ₃	Plante apparaissant normale jusqu'au stade de la capsulaison. Les capsules portent peu ou pas de glandes. Graines normales.

ANNEXE 3 (suite)

LOCI	GÉNOTYPES	PHÉNOTYPE
	Gl ₂ gl ₂ gl ₃ gl ₃	Cotylédons avec glandes uniquement sur la partie marginale, près du pétiole et le long de la nervure principale. Pétiole cotylédonaire avec au moins une glande. Hypocotyle sans glandes, stipules peu glanduleuses pouvant être glandless en fin de végétation. Capsules glandless, graines avec réduction du nombre de glandes.
	gl ₂ gl ₂ Gl ₃ gl ₃	Cotylédons avec des glandes uniquement sur la partie marginale, surtout près du pétiole. Pétiole cotylédonaire avec au moins une glande. Hypocotyle glandless, stipules peu glanduleuses pouvant être glandless en fin de végétation. Capsules glandless, graines avec réduction du nombre de glandes.
	gl ₂ gl ₂ gl ₃ gl ₃	Plante complètement glandless, y compris les graines (quelques glandes peuvent être présentes au niveau des nœuds des tiges d'une plante âgée).
gl ₄ -gl ₅	gl ₁ gl ₁ gl ₂ gl ₂ gl ₃ gl ₃ Gl ₄ Gl ₄ gl ₁ gl ₁ gl ₂ gl ₂ gl ₃ gl ₃ Gl ₅ Gl ₅	Plante apparaissant glandless, mais présentant des cotylédons et les premières feuilles avec quelques glandes dans la partie marginale. L'expression phénotypique est identique à celle de gl ₂ gl ₂ Gl ₃ gl ₃ . Graines avec un nombre de glandes réduit.
	Gl ₁ Gl ₁ Gl ₂ Gl ₂ Gl ₃ Gl ₃ gl ₄ gl ₄ Gl ₁ Gl ₁ Gl ₂ Gl ₂ Gl ₃ Gl ₃ gl ₅ gl ₅	Plante présentant une densité et une distribution des glandes normales.
gl ₆	Gl ₁ Gl ₁ Gl ₆ Gl ₆ (<i>Gossypium barbadense</i>)	Plante présentant une densité et une distribution des glandes normales.
	Gl ₁ Gl ₁ gl ₆ gl ₆ (<i>Gossypium hirsutum</i>)	Plante présentant une densité et une distribution des glandes normales.
	gl ₁ gl ₁ Gl ₆ Gl ₆	Plante présentant des tiges avec un nombre réduit de glandes.

Source G. PAULY

ANNEXE 4

Statistiques mondiales de production, surface et rendement en kg/ha de fibre de coton

PAYS	PRODUCTION EN 1 000 t.				SURFACES EN 1 000 ha				RENDEMENT EN kg/ha FIBRE			
	Moy. 6 ans 71-77	1977- 1978	1978- 1979	1979- 1980	Moy. 5 ans 72-77	1977- 1978	1978- 1979	1979- 1980	Moy. 5 ans 72-77	1977- 1978	1978- 1979	1979- 1980
Amérique du Nord												
Costa Rica.....	0,7	9	3	2	1	14	11	6	596,4	629	308	373
Rép. Dom.....	1,3	2	2	2	—	—	—	—	—	—	—	—
El Salvador.....	69,6	79	70	65	85,6	95	97	81	813,2	832	725	804
Guatemala.....	106,5	141	165	149	98,8	123	125	125	1 132,4	1 145	1 314	1 184
Honduras.....	4,2	11	7	8	7,6	18	12	13	618,4	647	614	566
Mexique.....	331,8	353	340	334	390,6	390	344	372	843,2	905	989	898
Nicaragua.....	117,2	121	112	22	170,8	219	173	38	704,2	555	647	558
USA.....	2 452,2	3 133	2 364	3 185	4 632,4	5 372	5 006	5 187	534,8	583	472	614
Autres pays.....	1,5	2	2	2	10,4	14	14	14	—	—	—	—
TOTAL ET MOYENNE.....	3 085,1	3 851	3 065	3 769	5 397,2	6 245	5 782	5 836	577	616	530	646
Amérique du Sud												
Argentine.....	135	220	173	173	473,6	607	670	567	307,2	362	259	306
Bolivie.....	19,3	17	14	11	47	32	34	23	428,6	553	415	462
Brésil.....	557	477	575	553	2 201,6	2 023	2 023	2 145	240,8	235	284	258
Colombie.....	136,8	140	81	121	284,4	397	176	217	490	353	463	560
Équateur.....	7,8	10	11	10	28,6	20	20	20	302,8	525	525	482
Paraguay.....	34	90	70	87	120,4	310	360	304	309,6	290	196	286
Pérou.....	76,5	72	87	93	122,6	118	123	142	612,8	606	703	658
Vénézuéla.....	25,8	22	14	20	70,4	54	42	55	390,2	404	336	358
Autres pays.....	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—	—	—
TOTAL ET MOYENNE.....	992,2	1 048	1 025	1 068	3 351	3 562	3 448	3 473	293,8	295	297	307

ANNEXE 4 (suite)

PAYS	PRODUCTION EN 1 000 t.				SURFACES EN 1 000 ha				RENDEMENT EN kg/ha FIBRE			
	Moy. 6 ans 71-77	1977- 1978	1978- 1979	1979- 1980	Moy. 5 ans 72-77	1977- 1978	1978- 1979	1979- 1980	Moy. 5 ans 72-77	1977- 1978	1978- 1979	1979- 1980
Europe Occidentale												
Grèce.....	122,8	153	153	103	150,2	183	168	142	828,2	838	912	724
Italie.....	1	1	—	—	3,8	4	3	3	228,6	179	303	160
Espagne.....	47,5	47	31	39	86,6	76	43	50	582	618	725	780
Yougoslavie.....	2,5	1	1	1	7,6	4	3	3	305,8	268	182	186
TOTAL ET MOYENNE.....	173,8	202	185	142	248,2	267	217	198	714,2	757	854	722
Europe Orientale												
Albanie.....	36,3	8	5	5	22,8	24	20	20	300,6	312	268	268
Bulgarie.....	12,3	5	7	7	31,8	19	18	20	376	290	358	322
TOTAL ET MOYENNE.....		13	12	12	54,6	43	38	40	345	304	310	295
URSS.....	2 501,8	2 754	2 689	2 840	2 846	2 992	3 038	3 076	885,4	920	885	924
Asie Océanie												
Afghanistan.....	38,6	48	48	39	101,2	130	130	113	408,2	369	369	344
Australie.....	31,8	44	53	78	33,6	35	49	61	888	1 260	1 074	1 286
Birmanie.....	10,5	14	13	14	153,8	162	162	162	74,8	87	81	87
Chine Rép. Pop.....	2 309	2 049	2 168	2 212	4 815,6	4 694	4 694	4 492	483,4	436	462	492
Inde.....	1 190,6	1 232	1 349	1 333	7 431	7 866	8 087	7 932	158,2	157	167	168
Iran.....	181,2	178	132	98	328	316	280	223	568,2	563	472	438
Irak.....	13,5	9	9	7	47,4	20	25	17	299	428	345	373
Israël.....	44,7	64	79	77	36,	51	59	57	1 269,4	1 241	1 335	1 332
Corée.....	3,5	2	2	2	11,2	5	5	5	298,6	323	313	313
Pakistan.....	605,5	551	453	726	1 920,4	1 843	1 891	2 033	304	299	240	358
Syrie.....	155,8	151	144	130	206,8	187	169	159	757,4	808	845	819
Thaïlande.....	23,2	16	27	39	56,6	55	75	101	372,8	294	362	386
Turquie.....	522,3	575	477	481	705,2	777	652	612	744	740	732	787
Yemen Rép.....	6,2	9	9	9	21,6	24	24	24	305,8	358	358	358
Yemen P.D.R.....	4	5	4	3	12	16	12	12	307,2	295	304	268
Autres pays.....	6	6	7	8	45	35	41	46	—	—	—	—
TOTAL ET MOYENNE.....	5 114,8	4 953	4 974	5 256	15 921,4	16 216	16 255	16 048	888,5	888,5	888,5	888,5

Afrique

Algérie.....	0,5	1	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Angola.....	23,8	12	13	13	74,1	61	61	61	290	196	214	214
Benin.....	13,6	5	8	12	41,6	21	26	40	300,6	258	291	295
Burundi.....	1,8	2	3	3	—	—	—	—	—	—	—	—
Cameroun R.U.....	16	15	23	26	69,2	53	55	62	234	288	428	420
RCA.....	16	11	12	11	131,6	121	110	84	122,2	90	109	130
Tchad.....	49	46	50	29	294,4	241	250	243	171,4	189	200	121
Égypte.....	455	399	438	484	604,6	598	499	502	733,4	667	878	963
Éthiopie.....	20,8	20	24	25	66,6	45	45	49	333,6	438	536	513
Côte d'Ivoire.....	24,2	41	47	57	61	87	107	123	413,6	471	435	467
Kenya.....	5,1	7	11	11	73,4	126	120	134	81,6	52	91	81
Madagascar.....	11,3	14	13	13	14,6	18	21	22	798,6	773	599	584
Malawi.....	6,3	8	9	10	41,2	36	34	37	149	226	260	266
Mali.....	29,3	42	48	53	82	101	109	121	358,4	418	436	437
Maroc.....	6,3	6	4	5	15	19	11	8	376,6	314	342	558
Mozambique.....	34,3	18	22	15	222,4	136	162	121	129,6	136	135	126
Niger.....	2,7	1	2	3	15,4	14	14	14	90,8	95	105	84
Nigeria.....	51,8	37	37	37	532,2	635	526	526	101	58	71	71
Sénégal.....	11,8	14	13	9	34,4	36	40	32	379,4	372	313	281
Afrique du Sud.....	29,3	52	55	61	77,8	81	101	101	350,2	643	547	590
Soudan.....	194,3	198	138	119	458,2	484	419	526	397,2	410	328	226
Tanzanie.....	64,8	50	43	60	288,2	389	405	405	224,4	130	108	147
Togo.....	3	4	5	9	—	—	—	—	—	—	—	—
Ouganda.....	45,5	20	7	5	660,2	567	283	243	56	35	22	22
Haute-Volta.....	13,5	13	22	25	69,2	71	77	81	204,8	184	290	308
Zaire.....	16,6	6	7	10	152	113	109	95	102,2	49	65	103
Zambie.....	2	3	4	5	—	—	—	—	—	—	—	—
Zimbawe.....	38,5	33	43	56	—	—	—	—	—	—	—	—
Autres pays.....	1	1	2	1	138,4	115	144	157	—	—	—	—
TOTAL ET MOYENNE.....	1 188	1 079	1 103	1 167	4 215,8	4 168	3 728	3 787	275,8	259	295	308
TOTAL ET MOYENNE MONDIALE.	13 126	13 900	13 053	14 254	32 036	33 493	32 606	32 459	409,4	415	400	439
Pays socialistes.....	4 833	4 819	4 872	5 067	7 739,4	7 752	7 797	7 631	629,8	622	624	664
Autres pays.....	8 276	9 081	8 181	9 187	24 278,8	25 741	24 809	24 828	338,6	353	330	370

ANNEXE 5

Consommation mondiale de fibre de coton par zone géographique en 1000 t

	Amérique du Nord et Cent.		Amérique du Sud		Europe occidentale		Europe orientale		U.R.S.S.		Asie et Océanie		Afrique		Tota mondial
	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	Tonne
1970/71...	2 020	16,6	580	4,8	1 404	11,5	587	4,8	1 821	14,9	5 348	43,5	435	3,6	12 193
1971/72...	2 037	16,0	615	4,8	1 403	11,0	596	4,7	1 843	14,5	5 749	45,3	458	3,6	12 701
1972/73...	1 990	15,2	657	5,0	1 394	10,6	599	4,6	1 843	14,1	6 143	46,8	482	3,7	13 108
1973/74...	1 933	14,3	712	5,3	1 403	10,4	606	4,5	1 865	13,8	6,454	47,8	512	3,8	13 483
1974/75...	1 567	11,6	677	5,0	1 277	9,5	595	4,7	1 886	14,0	6 160	45,6	522	3,9	12 684
1975/76...	1 885	14,2	711	5,4	1 332	10,0	603	4,5	1 897	14,3	6 318	47,4	544	4,2	13 290
1976/77...	1 739	13,2	737	5,6	1 364	10,3	600	4,6	1 897	14,4	6 289	47,5	563	4,3	13 181
1977/78...	1 689	12,9	793	5,8	1 233	9,4	604	4,6	1 908	14,5	6 405	48,1	572	4,7	13 204
1978/79...	1 671	12,1	824	6,0	1 288	9,4	618	4,5	1 930	14,0	6 820	49,6	612	4,4	13 763

Source I.C.A.C., juillet 1980.

ANNEXE 6

Consommation industrielle de coton, laine et fibres chimiques

ANNÉES CIVILES	1 000 TONNES MÉTRIQUES				
	Coton	Laine	Cellulosique	Synthétique	Total
1968.....	11 736	1 565	3 528	3 578	20 407
1969.....	11 854	1 604	3 555	4 178	21 191
1970.....	12 055	1 571	3 436	4 700	21 762
1971.....	12 357	1 566	3 455	5 609	22 987
1972.....	12 915	1 457	3 559	6 377	24 308
1973.....	13 281	1 432	3 660	7 640	26 013
1974.....	13 217	1 510	3 532	7 487	25 746
1975.....	12 789	1 508	2 959	7 353	24 609
1976.....	13 376	1 446	3 208	8 594	26 624
1977.....	13 076	1 445	3 277	9 141	26 939
1978.....	13 325	1 470	3 315	9 946	28 056

	POURCENTAGE			
	Coton	Laine	Cellulosique	Synthétique
1968.....	57,5	7,7	17,3	17,5
1969.....	55,9	7,6	16,8	19,7
1970.....	55,4	7,2	15,8	21,6
1971.....	53,8	6,8	15,0	24,4
1972.....	53,1	6,0	14,7	26,2
1973.....	51,0	5,5	14,1	29,4
1974.....	51,3	5,9	13,7	29,1
1975.....	52,0	6,1	12,0	29,9
1976.....	50,2	5,4	12,1	32,3
1977.....	48,5	5,4	12,2	33,9
1978.....	47,5	5,2	11,8	35,5

Source I.C.A.C., juillet 1980.

ANNEXE 7

Pays grands consommateurs de fibre de coton (en 1000 tonnes)

PAYS Consommateurs	1973/74		1974/75		1975/76		1976/77		1977/78		1978/79	
	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%	T	%
ine Rép. P.....	2 602	19,3	2 558	20,2	2 320	17,4	2 472	18,7	2 602	19,8	2 797	20,3
R.S.S.....	1 865	13,8	1 886	14,9	1 897	14,3	1 897	14,4	1 908	14,5	1 930	14,-
S.A.....	1 626	12,0	1 276	10,1	1 583	11,9	1 453	11,0	1 412	10,8	1 382	10,-
de.....	1 272	9,4	1 254	9,9	1 323	9,9	1 193	9,0	1 153	8,8	1 225	8,9
pon.....	791	5,9	629	5,0	694	5,2	672	5,1	607	4,6	716	5,2
ésil.....	379	2,8	390	3,1	423	3,2	434	3,3	455	3,5	520	3,8
kistan.....	539	4,0	438	3,5	466	3,5	396	3,0	412	3,1	434	3,2
rquie.....	—	—	262	2,1	295	2,2	317	2,4	297	2,2	304	2,2
gypte.....	223	1,7	221	1,7	232	1,7	249	1,9	265	2,-	282	2,-
rée Rép.....	—	—	—	—	—	—	217	1,6	247	2,0	280	2,-
F.A.....	238	1,8	209	1,4	222	1,8	—	—	—	—	—	—
ance.....	234	1,7	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
TOTAL 10 PAYS....	9 769	72,4	9 123	71,9	9 455	71,1	9 295	70,5	9 349	71,3	9 870	71,7
TOTAL MONDIAL....	13 495	—	12 691	—	13 300	—	13 188	—	13 118	—	13 763	—

ANNEXE 8

Principaux pays exportateurs de coton en 1000 tonnes de fibre

PAYS	1974-75		1975-76		1976-77		1977-78		1978-79	
	Tonnage	%								
S.A.....	855	22,9	721	17,8	1 042	27,6	1 194	29,5	1 346	31,2
R.S.S.....	802	21,5	878	21,7	971	25,7	856	21,1	867	20,1
rquie.....	127	3,4	471	11,6	126	3,3	265	6,5	209	4,8
exique.....	207	5,5	107	2,6	113	3,0	154	3,8	200	4,6
udan.....	118	3,2	215	5,3	132	3,5	150	3,7	177	4,1
uatemala.....	103	2,8	97	2,4	118	3,1	134	3,3	153	3,5
gypte.....	191	5,1	169	4,2	132	3,5	149	3,7	152	3,5
ylie.....	—	—	102	2,5	147	3,9	116	2,9	120	2,8
icaragua.....	132	3,5	113	2,8	117	3,1	114	2,8	113	2,6
araguay.....	—	—	—	—	—	—	—	—	85	2,0
ésil.....	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
kistan.....	230	6,2	—	—	—	—	107	2,6	—	—
olombie.....	—	—	—	—	80	2,1	—	—	—	—
an.....	120	—	129	3,2	—	—	—	—	—	—
TOTAL 10 PAYS....	2 885	77,2	3 002	74,2	2 978	78,8	3 239	79,9	3 422	79,4
S.A. + U.R.S.S.....	1 657	44,3	1 599	39,5	2 013	53,3	2 050	50,6	2 213	51,3
TOTAL MONDIAL..	3 737	—	4 048	—	3 777	—	4 053	—	4 310	—

ANNEXE 8 (Suite)

Répartition géographique des exportations

	1974-75		1975-76		1976-77		1977-78		1978-79	
	Tonnage	%								
Asie-Océanie.....	684	18,3	1 013	25,0	516	13,7	673	16,6	645	16,1
U.R.S.S.....	802	21,5	878	21,7	971	25,7	856	21,1	867	21,5
Amérique cent. et du Nord.....	1 370	36,7	1 114	27,5	1 443	38,2	1 672	41,3	1 880	47,1
Amérique du Sud.....	234	6,3	316	7,8	258	6,8	276	6,8	242	6,1
Afrique.....	621	1,7	688	17,0	569	15,1	551	13,6	648	16,3
Europe.....	25	0,7	39	1,0	19	0,5	24	0,6	28	0,7

Source I.C.A.C., juillet 1980.

ANNEXE 9

Cotations CIF en francs par kilogramme du Standard I 1 1/16 d'Afrique centrale et de l'Ouest*

	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Moy. an.
1973-74.....	6,14	7,73	7,90	7,18	7,63	9,02	9,11	7,66	7,40	6,91	6,39	6,25	7,44
1974-75.....	6,25	6,11	5,47	5,03	4,66	4,26	4,16	4,20	4,46	4,49	4,34	4,41	4,82
1975-76.....	4,73	4,80	4,74	4,76	5,19	5,71	5,96	6,21	6,34	6,85	7,62	8,65	5,96
1976-77.....	8,34	8,33	8,50	8,83	8,78	8,45	8,54	8,78	8,98	8,33	7,49	7,18	8,38
1977-78.....	6,62	6,15	5,76	5,85	6,01	6,24	6,53	6,55	6,30	6,37	6,55	6,40	6,28
1978-79.....	6,33	6,54	6,62	6,93	7,06	6,72	6,59	6,58	6,64	6,72	6,82		

Cotisations CIF en cents par livre de l'Indice A Strict Middling 1 1/16 de Liverpool**

	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.	Janv.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil.	Moy. an.
1973-74.....						88,41	82,16	74,00	70,16	65,01	62,31	62,02	76,32
1974-75.....	61,42	58,99	53,76	50,44	48,42	46,78	47,03	48,39	51,96	54,20	54,15	54,23	52,48
1975-76.....	55,60	55,36	55,73	55,19	58,81	65,39	65,86	66,21	66,47	70,41	79,78	88,32	65,26
1976-77.....	84,94	83,88	86,75	86,52	83,97	78,72	83,80	86,39	85,31	81,21	71,75	67,06	81,69
1977-78.....	62,69	59,96	59,12	57,89	59,46	64,06	66,38	68,45	69,26	70,71	71,36	70,65	65,00
1978-79.....	73,17	74,15	76,85	79,38	79,18	77,00	76,10	75,27	73,52	75,21	76,18	76,82	76,07
1979-80.....	77,46	77,92	77,98	80,12	82,22	88,72	97,05	93,54	90,56	88,40	84,14	88,87	85,58
1980.....	96,38	100,6	98,69										

Sources : * « Marchés Tropicaux ».

** « Cotton Outlook ».

ANNEXE 10

Les importations mondiales en 1000 tonnes de fibre

GRANDS importateurs	1974-75		1975-76		1976-77		1977-78		1978-79	
	Tonnage	%								
Japon.....	703	18,7	701	16,5	661	17,0	686	15,8	736	16,8
Chine.....	152	4,0	195	4,6	130	3,3	347	8,0	520	11,9
Rép. Corée.....	157	4,2	221	5,2	198	5,1	286	6,6	297	6,8
Italie.....	169	4,5	193	4,6	190	4,9	187	4,3	222	5,1
Hong-Kong.....	181	4,8	273	6,4	217	5,6	223	5,1	190	4,3
Taïwan.....	142	3,8	223	5,3	174	4,5	229	5,3	186	4,2
E.F.A.....	231	6,1	227	5,4	194	5,0	211	4,9	177	4,0
France.....	217	5,8	242	5,7	208	5,4	214	4,9	175	4,0
Allemagne.....	157	4,2	151	3,6	156	4,0	159	3,7	160	3,7
Tchécoslovaquie.....	—	—	—	—	108	2,8	—	—	115	2,6
Yougoslavie.....	—	—	—	—	—	—	134	3,1	—	—
U.R.S.S.....	141	3,7	—	—	—	—	—	—	—	—
Royaume Uni.....	—	—	127	3,0	—	—	—	—	—	—
TOTAL 10 premiers importateurs.....	2 250	59,7	2 553	60,3	2 236	57,6	2 676	61,7	2 778	63,4
TOTAL MONDIAL.....	3 769		4 236		3 884		4 338		4 383	
Par zone géographique :										
Asie à Océanie.....	1 627	43,2	2 022	47,7	1 825	47,0	2 255	52,0	2 334	53,3
Amérique du Nord et Centrale.....	86	2,3	111	2,6	92	2,4	89	2,1	96	2,2
U.R.S.S.....	141	3,7	119	2,8	98	2,5	65	1,5	65	1,4
Afrique.....	93	2,5	66	1,6	93	2,4	85	2,0	78	1,8
Amérique du Sud.....	56	1,5	33	0,8	36	0,9	43	1,0	51	1,2
Europe.....	1 767	46,8	1 884	44,5	1 739	44,8	1 801	41,5	1 758	40,1

ANNEXE 11

Estimations de la production de graines, huile et tourteaux en 1000 tonnes

	GRAINES				HUILE			TOURTEAU et FARINE		
	1974	1975	1976	1977	1975	1976	1977	1975	1976	1977
États-Unis.....	4 091	2 919	3 764	5 018	661	444	591	2 060	1 384	1 843
URSS.....	5 460	5 100	5 383	5 694	789	741	787	2 457	2 310	2 454
Nicaragua.....	234	197	184	221	26	24	22	78	72	75
Soudan.....	432	418	233	350	64	31	47	200	97	143
Inde.....	2 580	2 320	2 060	2 342	219	203	213	683	630	661
Chine.....	4 987	4 770	4 726	4 684	212	203	208	658	630	648
Pakistan.....	1 268	1 028	837	1 084	151	122	124	468	380	383
Turquie.....	958	768	760	980	122	98	95	380	302	296
Brésil.....	1 070	1 138	795	1 180	152	113	153	474	353	477
Mexique.....	846	345	365	590	107	42	44	330	128	137
Égypte.....	753	663	678	710	102	90	91	318	281	284
Iran.....	432	252	296	315	55	32	35	168	100	109
Argentine.....	238	314	259	308	48	36	46	147	118	140
Grèce.....	231	234	210	267	36	33	35	112	103	106
Syrie.....	233	273	254	230	31	33	30	83	88	80
Colombie.....	283	235	235	260	30	27	32	90	84	97
Guatemala.....	193	193	163	228	22	21	23	69	62	69
Tanzanie.....	141	87	132	113	18	9	15	53	28	47
El Salvador.....	124	125	98	119	16	13	14	50	37	41
Uganda.....	79	77	91	91	10	7	7	28	19	19
TOTAL 20 pays.....	24 633	21 456	21 523	24 784	2 871	2 324	2 615	8 906	7 236	8 109
TOTAL mondial.....	26 303	23 131	23 134	26 688	3 102	2 555	2 846	9 620	7 950	8 823

ANNEXE 12

Échanges mondiaux en graine de coton exprimés en tonnes

EXPORTATION	1975	1976	1977	IMPORTATION	1975	1976	1977
URSS.....	56 800	103 300	69 400	Japon.....	115 972	94 988	94 667
Nicaragua.....	22 858	31 181	33 534	Mexique.....	2 676	108 100	40 300
USA.....	6 770	64 808	14 726	Grèce.....	24 860	45 954	32 395
Mali.....	16 389	33 607	13 000	Liban.....	45 000	22 000	11 000
Bénin.....	6 214	8 881	10 000	Espagne.....	1 057	529	837
Côte d'Ivoire.....	28 903	11 383	10 000	Honduras.....	5 879	294	493
Éthiopie.....	7 017	1 000	8 469	Guatemala.....	736	428	430
Tchad.....	3 700	10 000	7 400	Colombie.....	110	405	410
Thaïlande.....	10 222	4 346	5 700	Angola.....	270	300	300
Afghanistan.....	16 688	5 000	5 000	Arabie Séoudite....	99	212	210
Nigeria.....	217	104	4 500	El Salvador.....	47	92	92
Yemen AR.....	4 275	4 300	4 300	Royaume Uni.....	—	—	76
Swaziland.....	6 500	900	4 000	Costa-Rica.....	5 247	60	60
Indonésie.....	260	980	1 900	Irlande.....	753	40	40
Togo.....	4 434	3 084	1 600	Belgique-Lux.....	—	—	—
Yougoslavie.....	1 750	2 010	1 131	Éthiopie.....	—	5	—
Angola.....	4 000	1 000	1 000	Côte d'Ivoire.....	—	3 489	—
Afrique du Sud....	17 000	500	1 000	Kenya.....	591	—	—
Ouganda.....	15 359	1 000	1 000	Mozambique.....	15	—	—
Soudan.....	300	—	296	Sénégal.....	209	—	—
Tanzanie.....	176	180	180	Afrique du Sud....	40	—	—
Guatemala.....	3 269	54	54	Tunisie.....	—	105	—
Espagne.....	—	103	53	Nicaragua.....	17	23	—
El Salvador.....	28	50	50	USA.....	19	21	—
Israël.....	5 490	—	—	Équateur.....	—	50	—
Honduras.....	—	5 207	—	Chine.....	100	119	—
Syrie.....	5 071	—	—	Inde.....	—	19	—
Niger.....	2 761	3 300	—	Iran.....	87	637	—
Australie.....	3 251	—	—	Pakistan.....	—	3	—
Roumanie.....	1 526	—	—	RFA.....	2	251	—
Algérie.....	830	—	—	Italie.....	424	—	—
Algérie.....	830	450	—	Portugal.....	3 655	3	—
Mozambique.....	300	—	—	Yougoslavie.....	15	—	—
Kenya.....	298	—	—	Venezuela.....	7	—	—
Bulgarie.....	295	20	—				
Mexique.....	98	222	—				
Philippines.....	80	108	—				
Iran.....	40	—	—				
TOTAL.....	253 169	297 099	198 293	TOTAL MONDIAL....	207 887	278 127	181 314

Source : Annuaire F.A.O. du commerce 1977.

ANNEXE 13

Exportations d'huile de coton (tonnes)

	1975	1976	1977
<i>Pays producteurs :</i>			
USA.....	296 993	235 233	330 883
Brésil.....	8 843	12 963	21 683
Nicaragua.....	11 446	7 596	7 336
Argentine.....	—	4 942	5 800
Israël.....	7 740	9 300	4 853
Paraguay.....	1 204	3 696	1 725
Grèce.....	300	79	1 598
Kenya.....	295	1 178	1 200
Chine.....	5 000	5 000	5 000
URSS.....	28 641	1 010	450
Costa Rica.....	117	105	110
Angola.....	110	110	110
Guatemala.....	4 500	61	61
Burundi.....	8	—	—
Sénégal.....	20	—	—
Afrique du Sud.....	300	—	—
Soudan.....	10 523	100	—
Tanzanie.....	1	2	—
Ouganda.....	108	—	—
El Salvador.....	—	1	—
Syrie.....	6	5	—
Bulgarie.....	206	—	—
TOTAL PRODUCTEURS.....	376 361	281 381	376 809
<i>Pays consommateurs :</i>			
Irlande.....	10	247	389
Japon.....	14	19	337
Hollande.....	—	—	313
Suède.....	255	314	101
RFA.....	615	195	90
Royaume Uni.....	24	14	48
France.....	26	—	13
Hong Kong.....	—	8	9
Belgique.....	32	145	7
Suisse.....	8	118	2
Singapour.....	1	2	1
TOTAL CONSOMMATEURS.....	985	1 062	1 310
TOTAL GÉNÉRAL.....	377 346	282 443	378 119

Source : Annuaire F.A.O. du commerce 1977.

ANNEXE 14

Importations d'huile de coton (tonnes)

	1975	1976	1977
Égypte.....	217 100	138 300	216 300
Venezuela.....	41 683	27 300	44 000
Iran.....	19 116	24 553	27 000
Japon.....	9 516	12 745	22 644
Suède.....	9 924	11 614	9 729
Royaume Uni.....	7 787	6 722	9 016
RFA.....	13 463	3 437	8 818
Costa Rica.....	6 504	7 409	8 000
Canada.....	11.289	5 199	5 497
Turquie.....	—	11 468	5 000
TOTAL PAYS INDIQUÉS.....	336.382	248 747	356 004
Autres pays.....	54.539	21 355	20 797
TOTAL MONDIAL.....	390.921	270 102	376 801
% pays indiqués/mondial.....	86,04	92,09	94,48

Source : Annuaire F.A.O. du commerce 1977.

ANNEXE 15

Importations de tourteaux de coton, en tonnes

	1975	1976	1977
Danemark.....	499 927	433 594	464 802
RFA.....	178 596	170 413	92 084
Pologne.....	70 000	38 000	80 000
Suède.....	71 047	56 257	45 642
Norvège.....	20 733	20 705	24 220
Royaume-Uni.....	34 718	32 908	19 643
RDA.....	58 000	26 000	15 000
Rhodésie.....	11 800	12 400	13 000
Lybie.....	—	4 800	10 000
Liban.....	5 000	5 000	10 000
Irlande.....	8 000	9 000	9 000
Tchécoslovaquie.....	10 000	6 000	8 000
Belgique-Lux.....	17 166	9 304	5 615
Malte.....	11 693	7 126	3 795
Zambie.....	1 953	2 000	3 582
Panama.....	1 810	2 698	2 900
France.....	6 666	2 353	1 830
Hongrie.....	27 327	1 992	1 693
Hollande.....	2 786	11 410	1 589
Canada.....	317	28	1 001
Italie.....	2.394	993	482
Espagne.....	—	—	385
Kenya.....	145	298	310
Portugal.....	234	120	200
U.S.A.....	650	11 994	47
Algérie.....	—	86	—
Burundi.....	500	81	—
Tanzanie.....	—	25	—
Honduras.....	37	46	—
Finlande.....	189	—	—
Roumanie.....	5 000	—	—
TOTAL GÉNÉRAL.....	1 046 688	865 631	814 820

Source : Annuaire F.A.O. du commerce 1977.

ANNEXE 16

Exportations de tourteaux de coton exprimées en tonnes métriques

	1975	1976	1977
<i>Pays producteurs :</i>			
Inde.....	192 419	137 795	186 384
Argentine.....	59 196	122 916	113 100
Grèce.....	75 374	99 829	74 263
Nicaragua.....	70 419	60 030	64 400
Soudan.....	94 504	100 835	58 852
Guatemala.....	27 727	25 000	58 100
Paraguay.....	24 899	30 015	54 965
USA.....	14 392	29 497	51 690
Tanzanie.....	43 335	28 830	39 000
Turquie.....	217 782	88 934	30 000
Nigeria.....	200	16 000	27 400
Bésil.....	19 103	3 476	21 707
Côte d'Ivoire.....	4 100	7 845	15 500
Égypte.....	38 237	22 081	13 339
Éthiopie.....	13 062	14 440	10 930
Sénégal.....	7 632	7 400	7 000
Malawi.....	7 717	4 376	6 029
Ouganda.....	16 109	16 198	6 000
Afghanistan.....	—	3 000	6 000
Pakistan.....	12 472	30 136	5 400
Haute-Volta.....	5 097	4 986	5 000
Thaïlande.....	5 938	3 869	4 500
Cameroun.....	2 000	1 700	4 433
El Salvador.....	12 464	11 058	4 013
Mozambique.....	18 373	4 590	4 000
Israël.....	4 500	6 617	3 776
Syrie.....	9 379	12 553	3 000
Maroc.....	—	59	3 000
Madagascar.....	2 627	5 400	2 600
Honduras.....	4 738	1 700	2 000
Birmanie.....	1 973	1 500	2 000
Yemen AR.....	825	—	2 000
Zaire.....	1 758	1 740	1 700
Tchad.....	1 002	1 000	1 000
Kenya.....	3 124	4 800	696
Burundi.....	40	81	140
Espagne.....	—	—	24
Mexique.....	600	—	—
Colombie.....	60 363	23 396	—
URSS.....	4 000	—	—
TOTAL PRODUCTEURS.....	1 077 480	933 682	893 941

ANNEXE 16 (suite)

	1975	1976	1977
<i>Pays consommateurs :</i>			
Danemark.....	15 730	8 972	6 626
Royaume Uni.....	378	3 053	1 405
Tchékoslovaquie.....	1 600	1 500	1 000
RFA.....	908	12 896	677
France.....	268	766	274
Hollande.....	204	10 587	223
Suède.....	—	—	76
Finlande.....	11	45	—
Belgique.....	23	3 156	—
Italie.....	4 265	74	—
TOTAL CONSOMMATEURS.....	23 387	41 049	10 281
TOTAL GÉNÉRAL.....	1 100 867	974 731	904 222

Source : Annuaire F.A.O. du commerce 1979.

ANNEXE 17

Récapitulation des situations cotonnières mondiales depuis 1969

ANNÉES du 1 ^{er} août au 31 juillet	SUPER- FICIES en 1 000 ha	kg FIBRE ha	EN 1 000 TONNES DE FIBRE				
			Produc- tion	Consom- mation	Impor- tation	Expor- tation	Stock 1 ^{er} août
1969/70.....	32 651	354	11 450	11 990	3 931	3 860	5 271
1970/71.....	31 827	367	11 784	12 195	4 107	3 853	4 726
1971/72.....	33 038	393	13 008	12 701	4 006	4 090	4 496
1972/73.....	33 808	405	13 671	13 108	4 518	4 579	4 711
1973/74.....	32 469	423	13 718	13 485	4 399	4 180	5 268
1974/75.....	33 274	421	14 036	12 684	3 769	3 733	5 576
1975/76.....	29 923	392	11 766	13 290	4 236	4 048	6 852
1976/77.....	30 707	404	12 460	13 181	3 884	3 777	5 379
1977/78.....	33 493	415	13 900	13 204	4 338	4 053	4 698
1978/79.....	32 606	402	13 053	13 763	4 383	4 310	5 498
1979/80.....	32 459	439	14 254	—	—	—	4 788

Source I.C.A.C., juillet 1980.

ANNEXE 18

Conversions

Les statistiques mondiales et de nombreuses caractéristiques de mesures de surface, de caractères de fibre, de rendement et température sont mentionnées en unités anglaises ou américaines. Nous pensons aider le lecteur en lui présentant ces conversions, ainsi que quelques transformations de mesures d'Amérique latine.

LONGUEURS

cm = 0,3937 in. (pouce)	Inch (in.)	= 2,54 cm
m = 3,2808 ft. (pieds)	Foot (ft.) = 12 inches	= 0,3048 m
m = 1,0936 yd. (yard)	Yard (yd.) = 3 feet	= 0,9144 m
km = 0,6214 mile	Mile = 1 760 yards	= 1 609 m

SURFACES

cm ² = 0,1550 sq. in.	Square inch (sq. in.)	= 6,4516 cm ²
m ² = 10,7639 sq. ft.	Square foot = 144 sq. in.	= 0,0929 m ²
m ² = 1,1960 sq. yd.	Square yard = 9 sq. feet	= 0,8361 m ²
ha = 2,417 acres	Acre = 4 840 sq. yd.	= 0,4047 ha
ha = 1,4285 (mz) manzana	Manzana = 100 varas ²	= 0,7 ha

POIDS

gramme = 15,4324 grains	Grain	= 0,0648 g
gramme = 0,0353 oz. (once)	Once (oz.)	= 28,35 g
kg = 2,2046 lb. (livre)	Pound (lb.) = 16 oz.	= 453,59 g
kg = 2,174 livres espagnoles	Libra español	= 0,460 g
quintal = 217,4 livres espagnoles	Quintal esp. = 100 livres esp. (qq)	= 46 kg

VOLUMES

cm ³ = 0,0610 cu. in.	Cubic inch (cu. in.)	= 16,387 cm ³
m ³ = 35,3145 cu. ft.	Cubic foot = 1 718 cu. in.	= 0,0283 m ³
m ³ = 1,3079 cu. yd.	Cubic yard = 27 cu. f	= 0,7646 m ³

TEMPÉRATURES

$$\text{degrés Celsius (centigrades)} = \frac{5}{9} (\text{F}-32) \qquad \text{degrés Fahrenheit} = \frac{9}{5} (^\circ\text{C}+32)$$

ANNEXE 18 (suite)

Production cotonnière (coefficients de conversion) :

$$\begin{aligned} (\text{kg/ha}) \times 0,912 &= \text{livre/acre} & (\text{livre/acre}) \times 1,120 &= \text{kg/ha.} \\ (\text{kg/ha}) \times 0,01522 &= \text{qq/mz} & (\text{qq/mz}) \times 65,75 &= \text{kg/ha.} \end{aligned}$$

Balle de coton

NATURE	POIDS		CONVERSION de tonnes métriques fibre en nombres de balles
	en livres	en kg	
Anglaise.....	400	181,4	0,1814
Balle statistique (poids net).....	478	216,8	0,2168
Courante USA*.....	500	226,0	0,2268

* Peut varier de 450 à 550 livres.

Longueurs de la fibre de coton (les plus courantes) : base 1/32 de pouce soit 0,7937 mm.

POUCE ou inch	DÉCIMALES de pouce	mm	POUCE ou inch	DÉCIMALES de pouce	mm
31/32	0,969	24,6	1 9/32	1,281	32,50
1	1	25,4	1 5/16	1,313	33,30
1 1/32	1,032	26,2	1 11/32	1,344	33,13
1 1/16	1,063	27	1 3/8	1,375	34,9
1 3/32	1,094	27,8	1 13/32	1,406	35,70
1 1/8	1,125	28,6	1 7/16	1,438	36,50
1 5/32	1,156	29,4	1 15/32	1,469	37,30
1 3/16	1,188	30,16	1 1/2	1,5	38,10
1 7/32	1,219	30,95	1 17/32	1,53	38,9
1 1/4	1,250	31,75	1 9/16	1,56	39,8

BIBLIOGRAPHIE

OUVRAGES GENERAUX

- AZZI (G.), 1964. — *Ecologie agricole*. J. B. Baillière et Fils, p. 428.
- BAILEY (A. E.), 1948. — *Cotton seed and cotton seed products*. New York Interc. Publ. Inc., 936 p., 25 auteurs.
- BAUZIL (A.), 1979. — *Traité d'irrigation*. ENGREF.
- BOEUF (F.) et VESSEREAU (A.), 1960. — *Recherche et expérimentation en agriculture*. Baillière et Fils, 2 tomes.
- BROWN (C. H.), 1953. — *Egyptian Cotton*. London & Hill Ltd, 174 p.
- BRONW (H. B.) et WARE (J. O.), 1958. — *Cotton*. 3^e éd., New York, Mc Graw Hill Book Co., 566 p.
- CARDOZIER (V. R.), 1957. — *Growing cotton*. New York, Mc Graw Hill Book Co.
- COCHRAN (W. G.) et COX (G. M.), 1957. — *Experimental designs*. John Wiley and Sons, 2^e éd., 618 p.
- CHRISTIDIS (B. G.) et HARRISON (G. J.), 1955. — *Cotton growing problems*. N. Y., Lond., Mac. Graw-Hill Book Co, 633 p.
- DELATRE (R.), 1973. — *Parasites et maladies en culture cotonnière*. Éd. I.R.C.T.
- DEMARLY (Y.), 1977. — *Génétique et amélioration des plantes*. Masson, 287 p.
- DURAND (J. H.), 1958. — *Les sols irrigables*. Alger, Imbert.
- ELLIOT (F. C.), HOOVER (M.) et PORTER Jr. (W. R.), 1960. — *Cotton principles and practices*. Iowa State University Press.
- HARLAND (S. C.), 1939. — *The genetics of cotton*. London. Jon. Cape Ltd., 193 p.
- HENIN (S.), FEODOROFF (A.), GRAS (R.) et MONNIER (G.), 1960. — *Le profil cultural*.
- HUTCHINSON (J. B.), SILOW (R. A.) et STEPHENS (S. G.), 1947. — *The evolution of Gossypium and the differentiation of the cultivated cottons*. London. Oxford Univ. Press., 100 p.
- HUTCHINSON (J. B.), 1959. — *The application of genetics to cotton improvement*. Cambridge. Univ. Press., 87 p.
- I.N.R.A. — MAROC, 1962. — *Le Coton au Maroc*. 523 p.
- I.N.R.A., 1979. — *L'eau et la production agricole*. — Éd. SEI, Versailles.
- LAGIÈRE (R.), 1959. — *La bactériose du cotonnier Xanthomonas malvacearum dans le monde et en République Centrafricaine*. Paris, I.R.C.T., 252 p.

- LAGIÈRE (R.), 1966. — *Le cotonnier*. Maisonneuve et Larose, 306 p.
- LITTLE (V. A.) et MARTIN (D. F.), 1942. — *Cotton insects of the United States*. Minneapolis, Minn., Burgess Publ. Co, 130 p.
- MASSIBOT (J. P.), 1946. — *La technique des essais culturaux et des études d'écologie agricole*. Tourcoing, Georges Frère.
- MURTI (K.) et ACHAYA (K.), 1975. — *Cottonseed chemistry and technology in its setting in India*. New Delhi, Publication and Information Directorate, Council for Scientific and industrial Research, 148 p.
- NOACHOVITCH (G.). — 1969. Graines oléagineuses et problèmes alimentaires. *Annales INA*, 514 p.
- PARRY (G.), 1962. — *Le cotonnier en culture irriguée dans l'ouest algérien. Son écologie agricole*. Paris, I.R.C.T., 183 p.
- RICHARD (L.), 1964. — *Les études de nutrition minérale chez les végétaux. Contribution à leur méthodologie*. Paris, I.R.C.T., 116 p.
- SAUNDERS (J. H.), 1961. — *The wild species of Gossypium*. London, Oxford Univ. Press. 62 p.
- SCHMUTTERER (H.), 1977. — *Plagas y enfermedades del algodón en Centro-america*. Eschborn, Office Federal Allemand de Coopération technique, 95 p.
- SOUTHERN COOPERATIVES SERIES, 1968. — *Genetics and cytology of cotton*. Bul. n° 139, sept. 84 p.
- U.S.D.A., 1964. — Handbook for cotton ginner. *Agricultural Handbook*, n° 260, 121 p.
- WATT (G.), 1907. — *The wild and cultivated cotton plants of the World*. N.Y., Longmans Green and Co. Inc., 406 p.
- WOUTERS (W.), 1948. — Contribution à l'étude taxonomique et caryologique du genre *Gossypium* et application à l'amélioration du cotonnier au Congo Belge. — Bruxelles, *Publ. Inst. Nat. Et. Agron. Cong. Belge Ser. Sc.*, 34, 403 p.

ARTICLES DE PUBLICATIONS

- ABDEL-HAMID (Y.), ABDEL-RAHMAN, SOAD (A. M.), — Compositional study on some Egyptian cottonseed varieties. *Grasas y Aceites*, 1978, vol. 29, fasc. 2.
- AL-DIDI (M. A.). — A brief note on egyptian cotton. Cotton Research Institute, *Ministry of Agriculture*, Giza, 23 p. 1972.
- AMARGIER (A.), ANGELINI (A.), VANDAMME (P.) et VAGO (C.). — Un complexe de viroses : granulo-se-polyédrie cytoplasmique chez le Lépidoptère *Argyroplote leucotreta* Meyrick. *Cot. Fib. trop.*, p. 413-416, vol. XXIII, 1968.
- ANDERSON (D. B.) et KERR (T.). — Growth and structure of cotton fiber. *Wash. Ind. Eng. Chem.*, p. 48-54, 1938.
- ANGELINI (A.) et LE RUMEUR (C.). — Sur la maladie à virus d'*Argyroplote leucotreta* découverte en Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 291-296, XVII, 1962.
- ANGELINI (A.) et VANDAMME (P.). — Complexe pathogène chez *Heliothis armigera* (Hub.) en Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 333-338, vol. XXI, 1966.

- ANGELINI (A.) et LABONNE (V.). — Mise au point sur l'étude de *Cryptophlebia (Argyroploce) leucotreta* (Meyr.) en Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 497-500, vol. XXV, 1970.
- ANGELINI (A.) et LABONNE (V.). — Sur une technique d'élevage d'*Heliothis armigera* (Hb.) et une possibilité de production de virose nucléaire en Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 501-504, vol. XXV, 1970.
- ANGELINI (A.), DESCOINS (C.), LE RUMEUR (C.) et LHOSTE (J.). — Nouveaux résultats obtenus avec un attractif sexuel de *Cryptophlebia leucotreta* Meyr. (Lepidoptera). *Cot. Fib. trop.*, p. 277-281, vol. XXXV, 1980.
- ANGELINI (A.) et COUILLOUD (R.). — Observations sur le piégeage sexuel chez *Cryptophlebia leucotreta* Meyr. *Cot. Fib. trop.*, p. 273-281., vol. XXVII, 1972.
- ANGELINI (A.) et COUILLOUD (R.). — Premiers résultats obtenus en Côte d'Ivoire avec les pyréthrinoides dans la lutte contre les ravageurs du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 323-326, vol. XXI, 1976.
- ANGELINI (A.), COUILLOUD (R.), DELABARRE (M.), et LHOSTE (J.). — Effet attractif des isomères de l'acétate de 8-dodécényl pour les mâles de *Cryptophlebia leucotreta* Meyr. (Lépidoptères). *Cot. Fib. trop.*, p. 373-347, vol. XXI, 1976.
- ANO (G.). — Utilisation de la souche ms 3 partiellement mâle stérile pour la fabrication d'hybrides F1 entre *Gossypium hirsutum* L. et *G. barbadense* L. *Cot. Fib. trop.*, p. 203-216, vol. XXXI, 1976.
- ANO (G.). — L'utilisation d'hybrides F1 entre *Gossypium hirsutum* et *G. barbadense* dans la perspective d'une production de fibres longues en culture irriguée en République du Mali. *Cot. Fib. trop.*, p. 283-284. vol. XXXI, 1976.
- ANO (G.). — Premières observations relatives au comportement des souches mâles stériles à déterminisme cytoplasmique Des Hams 16 et Des Hams 277 et de leurs hybrides F1 obtenus à partir de variétés *G. hirsutum* et *G. barbadense* cultivées en République du Mali. *Cot. Fib. trop.*, p. 447-448, vol. XXXI, 1976.
- ARNDT (C. H.). — A study of some of the factors that may influence cottonseed germination and seedling growth. *South Carolina, Agr. Exp. Sta. Rept.*, 45, p. 46-49, 1935.
- ASHLEY (D. A.). — 14 C. labelled photosynthate translocation and utilisation in cotton plants. *Crop Sci.*, 12, 1, p. 69-74, 1972.
- ASHWORTH (L.) *et al.* — Aflatoxins in cottonseed : influence of weathering on toxin content of seeds and a method for mechanically sorting seeds lots. *Phytopathology* 58, p. 102-107, 1968.
- ATGER (P.). — Une virose à localisation nucléaire chez *Diparopsis watersi* au Tchad. *Cot. Fib. trop.*, p. 205-206, vol. XXIV, 1969.
- ATGER (P.). — Observations sur la polyédrose nucléaire d'*Heliothis armigera* (Hbn) au Tchad. *Cot. Fib. trop.*, p. 243-244. vol. XXIV, 1969.
- ATGER (P.). — Note sur les microorganismes entomopathogènes des ravageurs du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 521-524, vol. XXV, 1970.
- ATGER (P.), BRADER (L.M.), BRADER (L.) et DELALANDE (F.). — Quatre années d'observations aux pièges lumineux en culture cotonnière au Tchad. *Cot. Fib. trop.*, p. 469-475, vol. XXIII, 1968.
- ATGER (P.) et CHEVALET (Y.). — Bref aperçu sur une épizootie virale chez *Cosmophila flava* F. (Noctuidae) dans les cotonneries du Mali. *Cot. Fib. trop.*, p. 371, vol. XXX, 1975.

- BAKER (R. V.). — Performance characteristics of saw-type lint cleaners. *Amer. Soc. of Agric. Engineers*, 1977.
- BAKER (R. V.), COLOMBUS (E. P.), et LAIRD (J. W.). — Cleaning machine-stripped cotton for efficient ginning and maximum bale values. *U.S.D.A. Tech. Bul. n° 1540*, 1977.
- BARDUCCI (T. B.), RADA (G.-G.) et WILLE (J.). — Control of Internal boll rot of the cotton plant, caused by puncture insects (*Dysdercus* sp.) through selection of resistant strains. *Nature (Lond.)*, 156, 3956, p. 235-236, 1945.
- BEASLEY (J. O.), The origin of American tetraploid *Gossypium* species, *Amer. Nat.*, 74, 285-286, 1940.
- BEASLEY (J. O.). — The production of polyploids in *Gossypium*. *J. Hered.*, 31, 1, p. 39-48, 1940.
- BEASLEY (J. O.). — Meiotic chromosome behaviour in species hybrids, haploids and induced polyploids of *Gossypium*. *Genetics*, 27, p. 25-54, 1942.
- BELL (A. A.) et STIPANOVIC (R. D.). — The chemical composition, biological activity and genetics of pigment glands in cotton. — *Proc. Beltwide Cott. Prod. Res. Conf. (Allanta, Ga)*, p. 244-258, 1977.
- BENITEZ (R.) et SCHWENDIMAN (J.). — Nouvel examen du déterminisme génétique de la bractée atrophiée chez le cotonnier, *Cot. Fib. trop.*, p. 227-230, vol. XXIX, 1974.
- BENITEZ (R.), CENTURION (C.), DEBRICON (P.) et ROUX (J.-B.). — Amélioration variétale du cotonnier au Paraguay. *Cot. Fib. trop.*, p. 377-381, vol. XXX, 1975.
- BERARDI (L. C.), MARTINEZ (W. H.), et FERNANDEZ (C. J.). — Cottonseed protein isolates: two step extraction procedure. *Food Tech.* 23, p. 75-82 1969.
- BERGER (M.). — Activités agronomiques de l'I.R.C.T. dans le Nord-Ouest de Madagascar (1960-1976). *Cot. Fib. trop.*, vol. XXXIV, 1979.
- BERKEY (D. A.). — Factors conditioning seed dormancy in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). — *Mississippi State University*, 60 p., 1974.
- BICHAT (H.), et BUI XUAN NHUAN. — La technologie des protéines de coton, *Congrès international de Sciences et Techniques de S.I.C.F.*, 1976.
- BINK (F. A.). — Nouvelle contribution à l'étude de la mosaïque du cotonnier au Tchad. I. Symptômes, transmission par *Bemisia tabaci*. Genn. ; II. Observations sur *B. tabaci* ; III. Autres maladies virales sur cotonniers et plantes voisines. *Cot. Fib. trop.*, p. 365-378, vol. XXVIII, 1973.
- BIRD (L. S.). — Interrelationships of resistance and escape from multi-diseases and other adversities. *Beltwide Cott. Prod. Res. Conf. 1972. Nat. Cott. Council.*, p. 92-97.
- BLANGUERNON (F.). — La culture cotonnière au Sénégal. *Cot. Fib. trop.*, p. 353-361, vol. XXXIII, 1978.
- BONNET (G.) et CAUQUIL (J.). — Le flambage des graines de semence de cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 503-505, vol. XXIII, 1968.
- BOUCHY (C.). — Contributions à l'étude des déficiences minérales en culture cotonnière de Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 423-436, vol. XXIII, 1968.
- BOUCHY (C.). — Contribution à l'étude des déficiences minérales du sol

- en culture cotonnière de Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 235-251, vol. XXV, 1970.
- BOUCHY (C.). — Essai de fertilisation organo-minérale. Résultats après dix années de culture continue maïs-cotonnier en Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 343-364, vol. XXVIII, 1973.
- BOULANGER (J.). — Durée du cycle de capsulaison du cotonnier. I. Contribution à la résistance du cotonnier « Upland » aux stigmatomycoses, *Cot. Fib. trop.*, p. 173-182, vol. XXI, 1966.
- BOULANGER (J.) et GUTKNECHT (J.). — Influences variétales et climatiques sur le rythme de floraison du cotonnier (*G. hirsutum*). *Cot. Fib. trop.*, p. 26-31, vol. X, 1955.
- BOULANGER (J.), PARRAGA (R.) et RIVAS (F.). — Variations du grade des cotons salvadoriens. *Cot. Fib. trop.*, p. 315-346, vol. XXV, 1970.
- BOULANGER (J.) et PINHEIRO (D.). — Évolution de la production cotonnière au nord-est du Brésil. IV. Polymorphisme des types de cotonniers cultivés : relations génétiques entre ces types ; origine des types « Moco » et « Verdão », *Cot. Fib. trop.*, p. 335-353, vol. XXVI, 1971.
- BOURELY (J.). — Contribution à l'étude des sucres du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 189-208, vol. XXXV, 1980.
- BOURNIER (J.-P.) et PEYRELONGUE (J.-Y.). — Introduction, élevage et lâchers de *Trichogramma brasiliensis* Ashm. (Hym. Chalcididae) en vue de lutter contre *Heliothis armigera* Hbn. (Lep. noctuidae) à Madagascar. *Cot. Fib. trop.*, p. 231-237, vol. XXVIII, 1973.
- BOURNIER (J.) et VAISSAYRE (M.). — Activité phytosanitaire de l'I.R.C.T. à Madagascar. *Cot. Fib. trop.*, p. 211-228, vol. XXXII, 1977.
- BOURNIER (J.-P.). — Élevage sur milieux artificiels d'*Earias insulana* Boisd. (Lépidoptère Noctuidae). *Cot. Fib. trop.*, p. 329-331, vol. XXXIV, 1979.
- BRADER (L.). — La faune des cotonniers sans glandes dans la partie méridionale du Tchad. I. Les Altises, *Cot. Fib. trop.*, p. 171-181, vol. XXII, 1967.
- BRADER (L.). — L'efficacité de quelques insecticides vis-à-vis des chenilles de la capsule des cotonniers *Diparopsis watersi* Roths. et *Heliothis armigera* Hb., *Cot. Fib. trop.*, p. 483-492, vol. XXIII, 1968.
- BRADER (L. M.). — Modalités de l'attraction sexuelle chez *Diparopsis watersi* (Roths.). Observations écologiques et expérimentales dans le cadre des phénomènes de reproduction. *Cot. Fib. trop.*, p. 261-297 et p. 361-375, vol. XXIV, 1969.
- BRADER (L.). — La faune des cotonniers sans glandes dans la partie méridionale du Tchad. II. Les chenilles de la capsule, *Cot. Fib. trop.*, p. 333-336, vol. XXIV, 1969.
- BRADER-BREUKEL (M^{me} L. M.). — Facteurs de reproduction chez *Heliothis armigera* (Hb.) et *Diparopsis watersi* (Roths.), *Cot. Fib. trop.*, p. 509-511, vol. XXV, 1970.
- BRADER-BREUKEL (M^{me} L. M.). — Lutte contre *Diparopsis watersi* (Roths.) et *Heliothis armigera* (Hb.). Attraction sexuelle et chimiostérilisation, *Cot. Fib. trop.*, p. 505-508, vol. XXV, 1970.
- BRAHAM (J. E.), ELIAS (L. G.) et BRESSANI (R.). — Factors affecting the nutritional quality of cottonseed meals. — *INCAP publication*, 1-319, 531-537, 1964.
- BRAUD (M.). — La nutrition minérale du cotonnier en culture sans sol, *Cot. Fib. trop.*, vol. XXII, 1967.

- BRAUD (M.). — La fertilisation minérale du cotonnier en Afrique tropicale et à Madagascar, *Cot. Fib. trop.*, p. 247-274, vol. XXII, 1967.
- BRAUD (M.). — Le contrôle de la nutrition minérale du cotonnier par analyses foliaires, *Cot. Fib. trop.*, p. 215-225, vol. XXIX, 1974.
- BRAUD (M.). — Le diagnostic foliaire et la nutrition potassique du cotonnier, *Cot. Fib. trop.*, p. 237-244., vol. XXX, 1975.
- BRAUD (M.), CENTURION (C.), DEBRICON (P.) et HAHN HORN (O. S.). — la fertilisation minérale du cotonnier au Paraguay, *Cot. Fib. trop.*, p. 1-13, vol. XXXII, 1977.
- BRAUD (M.), CRETENET (S.) et KAISER (R.). — Les recherches agronomiques conduites par l'I.R.C.T. dans le Sud-Ouest de Madagascar (1952-1974). *Cot. Fib. trop.*, p. 269-293, vol. XXXIV, 1979.
- BRESSANI (R.), GONZALA ELIAS (L. G.). — Cambio en la composición química y en el valor nutritivo de la proteína de la semilla de algodón durante su elaboración *Archivos latinoamericanos de nutrición* 18, 1968.
- BRESSANI (R.), JARQUIN (R.) et ELIAS (L. G.). — Free and total gossypol, epsilon-amino lysine and biological evaluation of cottonseed meals and flours in Central America. *J. Agr. Food. Chem.*, 12, 278, 1964.
- BROWN (K. J.). — Factors affecting translocation of carbohydrates to fruiting bodies of cotton. *Cott. Grow. Rev.*, 50, 32-42, 1973.
- BROWN (M. S.) et MENZEL (M. Y.). — Polygenomic hybrids in *Gossypium*. *Genetics*, 37, 242-263, 1952.
- BROWN (M. S.). — Chromosome differentiation in *Gossypium*. *Amer. J. Bot.*, 48, 532, 1961.
- BUFFET (M.). — Contribution à l'étude de l'allogamie du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 391-396, vol. XV, 1960.
- BUFFET (M.). — La graine du cotonnier, source importante de matières grasses et de protéines utilisables dans l'alimentation de l'homme et des animaux., *Cot. Fib. trop.*, p. 191-204, vol. XXXIV, 1979.
- BUFFET (M.), GOUTHIERE (J.) et ROUX (J.-B.). — Travaux de sélection pour la création de variétés de cotonniers à graines sans gossypol au Tchad. *Cot. Fib. trop.*, p. 463-472, vol. XXII, 1967.
- BUI XUAN NHUAN. — L'utilisation de la farine de coton en alimentation humaine. *Oléagineux*, 26, p. 713-715, 1971.
- BUI XUAN NHUAN. — Technologie et valorisation des protéines de la graine de coton dans l'alimentation humaine. *Note I.R.C.T.*, 6 p., 1975.
- BUSCK (A.). — The pink bollworm *Pectinophora gossypiella*. *J. Agric. Res.*, 9, p. 343-370, 1917.
- BUXTON (D. R.) et SALEEM (M. B.). — Vegetative and fruit development of cotton as affected by carbohydrates status. *Beltwide Cott. Prod. Res. Conf.* 1976, p. 67.
- CADOU (J.). — Note sur les Cicadelles du cotonnier, *Empoasca* spp. (Homopt. Typhlocyidae) en République Centrafricaine. *Cot. Fib. trop.*, p. 401-404, vol. XXV, 1970.
- CADOU (J.). — Traitements insecticides à très faible volume (U.L.V.) en culture cotonnière au Tchad. Expérimentation au Mayo-Kebbi avec des appareils individuels. *Cot. Fib. trop.*, p. 467-468, vol. XXIX, 1974.
- CADOU (J.) et SOUBRIER (G.). — Utilisation d'une polyédrose nucléaire dans la lutte contre *Heliothis armigera* (Hb.) (Lep. Noct.) en culture cotonnière au Tchad. *Cot. Fib. trop.*, p. 357-365, vol. XXIX, 1974.

- CARNS (H. R.) et MAUNEY (J. R.). — Physiology of the cotton plant. in *Advances in Production and Utilisation of quality cotton : principles and practices*. Ed. Elliot, Hoover et Parker. *Iowa State Univ. Press*, p. 41-73, 1968.
- CARTER (F. L.), CASTILLO (A. E.), FRAMPTON (V. L.) et KERR (T.). — Chemical composition studies of seeds of the genus *Gossypium*. *Phytochem.*, 5, p. 1103-1112, 1966.
- CATELAND (B.) et BINK (F. A.). — Étude de la résistance variétale des cotonniers à la mosaïque du Tchad. II. Réponse différentielle de diverses unités de sélection, *Cot. Fib. trop.*, p. 207-213, vol. XXIX, 1974.
- CATELAND (B.) et BINK (F. A.). — La mosaïque et les leaf-curl du cotonnier au Tchad. Analogies et différences avec les maladies homologues des autres pays d'Afrique. *Cot. Fib. trop.*, p. 293-299, vol. XXX, 1975.
- CATELAND (B.) et SCHWENDIMAN (J.). — Croisement diallèle entre variétés de cotonniers américains ou africains. Comportement de six caractéristiques de la fibre, approche des structures génétiques et implications possibles pour l'amélioration. *Cot. Fib. trop.*, p. 349-368, vol. XXXI, 1976.
- CAUQUIL (J.) et MILDNER (P.). — Résultats de cinq années d'expérimentation (1960-1964) sur la désinfection des semences du cotonnier à la Station de Bambari (Centrafrique). *Cot. Fib. trop.*, p. 465-476, vol. XX, 1965.
- CAUQUIL (J.) et RANNEY (C. D.). — Études sur l'infection interne des capsules vertes de cotonnier et sur les possibilités d'une sélection génétique pour réduire l'incidence des pourritures capsulaires. *Cot. Fib. trop.*, p. 195-204, vol. XXIV, 1969.
- CAUQUIL (J.). — Sur la faculté germinative du BJA 592 et la notion de résistance variétale à la détérioration des graines. *Cot. Fib. trop.*, p. 251-253, vol. XXIV, 1969.
- CAUQUIL (J.) et FOLLIN (J.-C.). — Étude de l'action de quelques caractères morphologiques ou génétiques sur le comportement du cotonnier à l'égard des pourritures des capsules. I. La résistance à la Bactériose (*Xanthomonas malvacearum*) (E. F. Smith. Dowson). *Cot. Fib. trop.*, p. 375-380, vol. XXV, 1970.
- CAUQUIL (J.) et FOLLIN (J. C.). — Le milieu interne capsulaire en relation avec la résistance aux pourritures. *Cot. Fib. trop.*, p. 381-385, vol. XXV, 1970.
- CAUQUIL (J.). — La « maladie bleue » du cotonnier en Afrique : transmission de cotonnier à cotonnier par *Aphis gossypii* Glover. *Cot. Fib. trop.*, p. 463-466, vol. XXVI, 1971.
- CAUQUIL (J.). — La pourriture des capsules du cotonnier : essai de mise en place d'une méthode de lutte, *Cot. Fib. trop.*, p. 307-322, 413-448, 535-561, vol. XXVIII, 1973.
- CAUQUIL (J.). — Essai de deux insecticides acaricides systémiques contre la « maladie bleue » (virose) du cotonnier (*G. hirsutum* L.) en Centrafrique. *Cot. Fib. trop.*, p. 327-329, vol. XXIX, 1974.
- CAUQUIL (J.). — Études sur une maladie d'origine virale du cotonnier, la « maladie bleue ». *Cot. Fib. trop.*, p. 259-278. vol. XXXII, 1977.
- CAUQUIL (J.), GUILLAUMONT (M.), et JOUYE (G.). — Premiers résultats obtenus en ECA sur la lutte chimique contre *Aphis gossypii* Glover

- vecteur d'une virose du cotonnier : la maladie bleue. *Cot. Fib. trop.*, p. 335-351, vol. XXXIII, 1978.
- CENTURION (G.), DEBRICON (P.), ROUX (J.-B.) et TORRES BOGADO (L. A.). — Deux variétés de cotonniers sélectionnées en Afrique Centrale, Réba B50 et Réba BTK 12, se montrent bien adaptées au Paraguay. *Cot. Fib. trop.*, p. 291-294, vol. XXVII, 1972.
- CHARITOS (N.). — Valorisation du bois de cotonnier. *1^{er} Cong. Int. Ind. Agric. Alim. Zones Trop. Subtrop.*, Abidjan, 13-19 déc. 1964, 26 p.
- CHAUDARI (H. K.). — Morphology on breeding behavior of cotton haploïds. *Can J. Genet. cytol* 18 : 673-678, 1976.
- CHRISTIANSEN (M. N.). — Periods of sensitivity to chilling in germinating cotton. *Plant physiol.*, 42, p. 431-433, 1967.
- CHRISTIANSEN (M. N.). — Induction and prevention of chilling injury to radicle tips of imbibing cottonseed. *Plant Physiol.*, 43, p. 743-746, 1968.
- CLARK (S. P.). — Expeller processing for quality protein. *Oils and oilseed Bombay* 22, 1970.
- COGNEE (M.). — L'amélioration de la productivité en culture cotonnière par la désinfection fongicide et bactéricide des semences. *Cot. Fib. trop.*, p. 249-264, vol. XVIII, 1963.
- COGNEE (M.) et FRINKING (H. D.). — Rôle de quelques bactéries dans le développement des pourritures secondaires des capsules du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 249-261, Vol. XXI, 1966.
- COGNEE (M.). — L'effet de traitements fongicides foliaires sur cotonniers. *Cot. Fib. trop.*, p. 195-200, vol. XXI, 1966.
- COGNEE (M.). — Rôle de la pénétration des tubes polliniques dans les ovules et de la fécondation dans l'abscission des jeunes capsules de cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 275-277, vol. XXIII, 1968.
- COGNEE (M.). — Considérations sur l'abscission des organes fructifères du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 315-336, vol. XXIII, 1968.
- COGNEE (M.). — Modalités de l'abscission post-florale chez le cotonnier. Liaison avec quelques facteurs internes. *Cot. Fib. trop.*, p. 447-462, vol. XXIX, 1974.
- COGNEE (M.). — Variations de l'état physiologique et hormonal des fruits du cotonnier et leurs relations avec le déclenchement ultérieur de l'abscission. *Cot. Fib. trop.*, p. 195-221, 327-369, 427-458, vol. XXX, 1975.
- COOPER JR. (H. B.), LEWIS (C. F.) and RAMEY JR. (H. H.). — Use of composites of strains to achieve varietal improvement in upland cotton. *Proc. Beltwide Cot. Prod. Conf.* 1972.
- CORNU (A.), DELPEUCH (F.), et FAVIER (J.-C.). — Utilisation en alimentation humaine de la graine de coton sans gossypol et de ses dérivés *Ann. Nutr. Alim.*, 31, 349-364, 1977.
- COSTA (A. S.). — *Anthocyanosis*, a virus disease of cotton in Brazil. *Phytopath.*, 28, p. 167-186, 1956.
- COUILLOUD (R.). — Les chenilles de la capsule du cotonnier dans le Bassin du Logone (Tchad). *Cot. Fib. trop.*, p. 547-564, vol. XIX, 1964.
- COUILLOUD (R.). — Observations sur la faune du cotonnier dans le Bassin du Logone, Tchad (exception faite des chenilles des capsules). *Cot. Fib. trop.*, p. 517-530, vol. XX, 1965.

- COUILLOUD (R.) et ANGELINI (A.). — Les moyens de lutte biologique contre certains ravageurs du cotonnier et une perspective de lutte intégrée en Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 283-289, vol. XXVII, 1972.
- COUILLOUD (R.) et ANGELINI (A.). — Premiers résultats obtenus en Côte d'Ivoire avec les pyréthrinoides dans la lutte contre les ravageurs du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 323-326, vol. XXXII, 1977.
- COUTEAUX (L.), LEFORT (P. L.) et KUAKUVI (E.). — Quelques observations sur le « leaf-curl » du cotonnier chez *Gossypium barbadense* à la station d'Anié (Togo). *Cot. Fib. trop.*, p. 506-507., vol. XXIII, 1968.
- CRETENET (S.). — La fertilisation du cotonnier en culture de décrue dans le nord-ouest de Madagascar. *Cot. Fib. trop.*, p. 309-314, vol. XXIII, 1968.
- CRETENET (S.), BRAUD (M.) et KAISER (R.). — Les recherches agronomiques conduites par l'I.R.C.T. dans le sud-Ouest de Madagascar (1952-1974). *Cot. Fib. trop.*, p. 269-293, vol. XXXIV, 1979.
- CRETENET (M.). — Relations observées au Mali entre le rendement en coton graine, la nutrition azotée du cotonnier mesurée par le diagnostic pétiolaire et certains facteurs climatiques. *Cot. Fib. trop.*, p. 347-352, vol. XXXV, 1980.
- CROSS (J. E.) et Richmond (T. R.). — The use of glandless seed to determine the amount of natural crossing in *Grossypium hirsutum* L. *Agron. J.*, 51, 511-512, 1959.
- DABIN (B.). — Méthode d'étude de la fixation du phosphore sur les sols tropicaux. *Cot. Fib. trop.*, p. 213-234, 289-310, vol. XXV, 1970.
- DASBERG (S.) et BRESLER (E.). — L'irrigation. *La recherche*, n° 104, p. 229-238, 1979.
- DEAT (M.). — Le redressement de la fertilité sur des terres à vocation cotonnière présentant des carences en éléments majeurs. *Cot. Fib. trop.*, p. 245-262, vol. XXX, 1975.
- DEAT (M.), DUBERNARD (J.), JOLY (A.) et SEMENT (G.). — Exportations minérales du cotonnier et de quelques cultures tropicales en zone de savane africaine. *Cot. Fib. trop.*, p. 409-418, vol. XXXI, 1976.
- DEAT (M.). — Les adventices des cultures cotonnières en Côte d'Ivoire, *Cot. Fib. trop.*, p. 419-427, 9 planches, vol. XXXI, 1976.
- DEAT (M.), SEMENT (G.) et FONTENAY (P.). — Influence de deux précédents culturaux sur l'enherbement de la culture cotonnière subséquente *Cot. Fib. trop.*, p. 229-232, vol. XXXII, 1977.
- DEAT (M.). — Bilan de sept années d'expérimentation herbicide en Côte d'Ivoire. I. Efficacité de quelques herbicides en culture cotonnière. II. Sélectivité de quelques herbicides vis-à-vis du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 313-325, vol. XXXIII, 1978.
- DELATTRE (R.). — Les parasites du cotonnier à Madagascar. *Cot. Fib. trop.*, p. 335-352, 17 pl., vol. XIII, 1958.
- DELATTRE (R.). — *Premières observations sur le parasitisme et les traitements du cotonnier en El Salvador*, 48 p., I.R.C.T., 1964, non publié.
- DELATTRE (R.). — *Rapport d'entomologie en El Salvador. Campagne 1965.* — Doc I.R.C.T., non publié, 1955.
- DELATTRE (R.). — La virescence du cotonnier. — *Cot. Fib. trop.*, p. 386-390, vol. XXIII, 1968.

- DELATTRE (R.) et GIANOTTI (J.). — Une nouvelle approche de l'étude épidémiologique d'une phylodie, la virescence florale du cotonnier : culture sélective de mycoplasmes extraits de quelques plantes et insectes homoptères de la biocénose. *Cot. Fib. trop.*, p. 371-378, vol. XXVII, 1972.
- DELATTRE (R.). — Quelques remarques sur la méthodologie des essais phytosanitaires (plus particulièrement ULV) en culture cotonnière. *Cot. Fib. trop.*, p. 229-238, vol. XXXIII, 1978.
- DEMOL (J.), VERSCHRAEGE (L.) et MARECHAL (R.). — Utilisation des espèces sauvages en amélioration cotonnière. Caractéristiques technologiques des formes allohexaploïdes. *Cot. Fib. trop.*, p. 381-389, vol. XXXI, 1976.
- DEMOL (J.), MARÉCHAL (R.) et VERSCHRAEGE (L.). — Utilisation des espèces sauvages en amélioration cotonnière. Observations sur les caractéristiques technologiques des nouvelles formes allohexaploïdes. *Cot. Fib. trop.*, p. 327-333, vol. XXXIII, 1978.
- DUBERNARD (J.). — L'apparition d'une déficience potassique au cours de la rotation coton/cultures vivrières sur un sol ferrallitique en République Centrafricaine. *Cot. Fib. trop.*, p. 263-270, vol. XXX, 1975.
- DUBERNARD (J.). — Rôle d'une fumure organique en culture cotonnière intensive sur des sols peu évolués d'apport du N. Cameroun. *Cot. Fib. trop.*, p. 257-262, vol. XXXIII, 1978.
- DUARTE WATTS (M. R.), TRELLU (A.) et VASCONCELOS (W. M.). — Techniques de culture du cotonnier Mocó (*G. hirsutum* var. marie-galente, Hutch.) dans le nord-ouest du Brésil. *Cot. Fib. trop.*, p. 479-495, vol. XXIX, 1974.
- DUVIARD (D.) et MERCADIER (G.). — Les invasions saisonnières des pucerons en culture cotonnière : origine et mécanismes. *Cot. Fib. trop.*, p. 483-491, vol. XXVIII, 1973.
- DYCK (J. M.). — La maladie bleue du cotonnier au Tchad. *Cot. Fib. trop.*, p. 229-238, vol. XXXIV, 1979.
- FAO. — Les systèmes d'aménagement des ravageurs dans le cadre de la lutte contre les ennemis du coton, 1976.
- FOLLIN (J. C.). — Sur les différentes formes de *Glomerella* Spaul. et Schr. et de *Colletotrichum* Cda isolées du cotonnier (*G. hirsutum*). I. Localisation et étude morphologique. II. Étude du pouvoir pathogène : premières conclusions. *Cot. Fib. trop.*, p. 337-343, vol. XXIV, 1969 ; p. 345-350, vol. XXV, 1970.
- FOURNIER (J.), Deodato PINHEIRO (M.) et TRELLU (A.). — Physiologie et sélection du cotonnier pérenne brésilien Mocó. Relations entre les productions annuelles et la production totale. *Cot. Fib. trop.*, p. 175-179, vol. XXV, 1970.
- FOURNIER (J.) et ROUX (J.-B.). — État actuel de la sélection de variétés de cotonniers à graines sans gossypol au Tchad. *Cot. Fib. trop.*, p. 251-257, vol. XXVII, 1972.
- FOURNIER (J.) et MÉGIE (C.). — Étude préliminaire d'une mutation induisant les caractères graines imbriquées et absence de fibre chez un cultivar de cotonnier *Gossypium hirsutum*. *Cot. Fib. trop.*, p. 403-405, vol. XXXIV, 1979.
- FRINKING (H. D.), LAGIÈRE (R.) et OUATARA (S.). — Contribution à l'étude d'une nouvelle maladie du cotonnier : la virescence. I. Symptômes

- et importance économique en Haute Volta, en 1968-69, II. Observations sur l'épidémiologie. *Cot. Fib. trop.*, p. 317-323, 395-402, vol. XXIV, 1969.
- FRITZ (A.). — La déficience en bore du cotonnier au Nord-Cameroun. *Cot. Fib. trop.*, p. 235-241, vol. XXVI, 1971.
- FRYXELL (P. A.). — Stages in the evolution of *Gossypium* L. *Adv. Frontiers of Plant Scien.*, 10, 31-56, 1965.
- FRYXELL (P. A.). — A classification of *Gossypium* L. (Malvaceae). *Evolution*, 25, 554-562, 1969.
- GALICHET (P. F.). — Les principaux parasites du cotonnier du Tchad. *Cot. Fib. trop.*, p. 357-406, vol. XII, 1957.
- GALLAIS (A.). — Amélioration des populations, méthodes de sélection et création des variétés.
— 1977. I. Synthèse sur les problèmes généraux et sur les bases théoriques pour la sélection récurrente intra-population. *Ann. Amélior. Plantes*, vol. 27 (3).
— 1978. II. Le concept de valeur variétale de génotypes et ses conséquences pour la sélection récurrente. *Ann. Amélior. Plantes*, vol. 28 (3).
- GANRY (J.). — Calcul des « sommes de vitesses de développement » et des températures moyennes journalières à partir du minimum et du maximum journalier de température, sous climat tropical et équatorial. *Fruits*, 33, 4, 1978.
- GARDNER jr. (H. K.), HRON sr (R. J.), VIX (H. L. E.). — Liquid Cyclone Process for edible cottonseed flour production. *Oil Mill Gazetteer*, 78, p. 12-17, 1973.
— The production of edible flour from cottonseed by the modified L.C.P. *Proc. 22 oilseed processing clinic 1973*, 6 p.
- GARLON (H. A.) et KEITH (S. J.). — Status of cottonseed protein. *Economic Botany*, 1968.
- GASTROCK (E. A.). — The application of L.C.P. to production of high quality cottonseed concentrate. *Oil Mill Gazetteer*, 1968.
- GASTROCK (E. A.), D'AQUIN (E. L.), EAVES (P. H.), et CROSS (D. E.). — Edible flour from cottonseed by liquid classification using hexane. *Cereal Science today*, 14, 4 p., 1969.
- GAUTIER (J.). — L'utilisation comme combustible de la graine de coton au Tchad. *Cot. Fib. trop.*, p. 53-56, vol. IV, 1949.
- GERSTEL (D. U.). — Chromosomal translocations in interspecific hybrids of the genus *Gossypium*. *Evolution*, 7, 235-244, 1953.
- GIPSON (J. R.) et JOHAM (H. E.). — Influence of night temperatures on growth and development of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). I. Fruiting and boll development. *Agron. J.*, 60, 3, p. 292-298, 1968.
- GOEBEL (S.), SCHWENDIMAN (J.) et KAMMACHER (P.). — Utilisation des coefficients de piste pour la détermination des composants de la productivité dans un matériel dérivant d'un triple hybride de cotonnier *Gossypium hirsutum* X *G. arboreum* X *G. raimondii*. *Cot. Fib. trop.*, p. 277-281, vol. XXX, 1975.
- GOEBEL (S.), HAU (B.) et SCHWENDIMAN (J.). — L'amélioration du cotonnier en Côte d'Ivoire par sélection massale pédigree. *Cot. Fib. trop.*, p. 215-228, vol. XXXIV, 1979.

- GOURRET (J. P.) et MAILLET (P.-L.). — Ultrastructure des mycoplasmes dans le phloème du cotonnier atteint de virescence. *Cot. Fib. trop.*, p. 325-326, vol. XXIV, 1969.
- GOUTHÈRE (J.). — La variété SRIF4-71, nouvelle variété cotonnière pour la culture en Centrafrique. *Cot. Fib. trop.*, p. 415-423, vol. XXXIII, 1978.
- GUINN (G.), HESKETH (J. D.), FRY (K. E.), MAUNEY (J. R.) et RADIN (J. W.). — Evidence that photosynthesis limits yield of cotton. *Belt-wide Cott. Prod. Res. Conf.*, 1976, p. 60-61, 1976.
- GUTKNECHT (J.) et MANIGHALAM (A.). — La production du coton en Iran. I. Généralités. Egrenage. *Cot. Fib. trop.*, p. 561-574, vol. XX, 1965.
- GUTKNECHT (J.). — A propos de la mécanisation intégrale de la culture cotonnière en Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 267-268, vol. XXVI, 1971.
- GUTKNECHT (J.). — Détermination de la maturité du coton à l'aide du fibrographe digital. *Cot. Fib. trop.*, p. 267-271, vol. XXXI, 1976.
- GUTKNECHT (J.). — Le coton, matière première textile. *Cours à ITF.*, 1976.
- GUTKNECHT (J.). — Étude préliminaire de l'influence de l'égreneuse à rouleau de laboratoire sur le pourcentage à l'égrenage et la longueur de la fibre. *Cot. Fib. trop.*, p. 279-284., vol. XXXII, 1977.
- GUTKNECHT (J.). — Amélioration des qualités du coton par l'amélioration des variétés et de l'égrenage. *Cot. Fib. trop.*, p. 349-352, vol. XXIII, 1968.
- HALEVY (J.). — Growth rate and nutrient uptake of two cotton cultivars grown under irrigation. *Agron. J.*, 68, p. 701-705, 1976.
- HAMSA (T.). — Studies on *Aspergillus flavus* invasion of cottonseed at harvest and during storage. *Thesis Ph. D. University of Georgia*, 1976.
- HARLAND (S. C.). — Methods and results of selection experiments with peruvian cotton. I. The Mass Pedigree System. *Emp. Cot. Grow.*, Rew 26, 3, p. 163-174, 1949.
- HARLAND (S. C.). — Methods and results of selection experiments with peruvian Tanguis cotton. II. The « mass pedigree » system in practice. *Emp. Cot. Grow. Rev.*, 26, 1, p. 247-255, 1949.
- HARPER (A. G.) et SMITH (J. K.). — La protéine de la graine du cotonnier. Caractères, utilisation et avenir. *Economic Botany*, 22, 1, 63-72, 1968.
- HAU (B.) et SCHWENDIMAN (J.). — Quelques précisions sur les relations entre génotypes et phénotypes pour les caractères forme de la feuille et de la bractée chez le cotonnier *Gossypium hirsutum*. *Cot. Fib. trop.*, p. 253-257, vol. XXXII, 1977.
- HEARN (A. B.). — Crop physiology. in Cott. Research Corp. Agricultural research for development. The Namulonge contribution. *Ed. Arnold. Cambridge Univ. Press.*, p. 77-122, 1976.
- HESS (D. C.). — Genetic improvement of gossypol free cotton varieties. *Cereals Foods World*, 22, 3, 98-105, 1977.
- HEWANG (B. W.) et VAVICH (N. G.), 1965. — Discolorations in eggs from layers fed cottonseed meals made from glandless and glanded seed. *Poult. Sci.*, 44, 84-89, 1965.
- HOROWITZ (H.). — Influence des conditions de milieu sur la formation et

- la chute des organes floraux chez le cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 23-40, vol. XVII, 1962.
- HULL (D. C.). — Cotton linters. *National Cotton Council of America*. Memphis, Tennessee, 36 p., 1960.
- HUTCHINSON (J. B.) et GHOSE (R. L. M.). — The classification of the cottons of Asia and Africa. *Ind. J. Agric. Sci.*, 7, p. 233, 1937.
- HUTCHINSON (J. B.) et MANNING (M. L.). — The efficiency of progeny row breeding in cotton improvement. *Emp. J. Exp. Agr.*, 11, p. 43-44, p. 140-154, 1943.
- HUTCHINSON (J. B.). — The dissemination of cotton in Africa. *Emp. Coll. Gr. Rev.*, 26, 4, p. 256-270, 1949.
- HUTCHINSON (J. B.). — New evidence on the origin of the old world cottons. *Hered.*, 7, 2, p. 225-241, 1954.
- INDIAN COUNCIL OF AGRICULTURAL RESEARCH. — *Cotton technological research laboratory*, 1970 à 1978.
- INDIAN COUNCIL OF AGRICULTURAL RESEARCH. — *Technological reports on standard indian cottons*, 1974 à 1978.
- INNES (N. L.). — Inheritance of resistance to bacterial blight. I, II, *Emp. Coll. Grow. Corp. Res. Mem.*, n° 58, 1965.
- I.N.R.A. — Les phéromones sexuelles des lépidoptères. *Image de la chimie*, 1978, 6, 45-49.
- INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE. — Cotton world statistics. *South Agric. Building Wash.*, 25 (trimestriel).
- I.R.C.T. — Journées d'études de l'amélioration du cotonnier, Bouaké, 7-10 décembre 1966. Sélection et expérimentation variétale *Cot. Fib. trop.*, p. 201-249 et 353-374, vol. XXIII, 1968.
- I.R.C.T. BOUAKE. — Premier essai de récolte mécanique du coton en République de Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 339-340, vol. XXVIII, 1973.
- I.R.C.T. — Division de génétique. Variétés récentes de cotonnier (*G. hirsutum*). *Cot. Fib. trop.*, p. 1-34, 233-239, 303-312, vol. XXXII, 1977 et vol. XXXIII, 1978.
- I.R.C.T. — Méthodologie des essais d'herbicides. *Cot. Fib. trop.*, p. 265-266, vol. XXXIV, 1979.
- JACQUEMARD (P.). — Polyédrose chez *Amsacta* sp. (lep. Arctiidae), parasite phyllophage du cotonnier au Tchad. *Cot. Fib. trop.*, p. 231-232, vol. XXI, 1966.
- JACQUEMARD (P.). — Relations entre la diapause de *Diparopsis watersi* et la diapause de son parasite *Eucarcelia* sp. [? evolans (Wied.)] (Dipt. Tachin.) dans le nord du Cameourn. *Cot. Fib. trop.*, p. 313-322, vol. XXXI, 1976.
- JACQUEMARD (P.) et DELATTRE (R.). — Action pathogène du virus de la polyédrose nucléaire d'*Autographa californica* (Speyer) sur *Diparopsis watersi* (Roths.) (Lépidoptère Noctuidae). *Cot. Fib. trop.*, p. 249-252, vol. XXXII, 1977.
- JACQUEMARD (P.). — Action pathogène du virus de la polyédrose nucléaire de *Mamestra brassicae* (L.) sur *Diparopsis watersi* (Roth.) (Lépidoptère Noctuidae). *Cot. Fib. trop.*, p. 307-308, vol. XXXIII, 1978.
- JIMENEZ (G. A.). — Le coton en El Salvador. *Cot. Fib. trop.*, p. 339-352, vol. XXVII, 1972.

- JOLY (A.). — Apparition d'une déficience magnésienne sur cotonnier au N. Benin. *Cot. Fib. trop.*, p. 211-227, vol. XXXIII, 1978.
- JOLY (A.). — Synthèse de cinq années d'expérimentation combinée « traitements x fumures » sur cotonnier au Bénin. *Cot. Fib. trop.*, p. 385-399, vol. XXXV, 1980.
- JOHNSON (B. L.) et THEIN (M. M.). — Assessment of evolutionary affinities in *Gossypium* by protein electrophoresis. *Am. J. Bot.*, 57, 1081-1092, 1970.
- JOHNSTONE (D. R.). — Technique d'estimation de la quantité totale d'insecticide pulvérisé recueillie par des plants individuels de cotonnier et comparaison de la récupération de pulvérisations d'eau colorée et de deux formulations à très faible volume de triazophos. *Cot. Fib. trop.*, p. 67-71, vol. XXXII, 1977.
- KAISER (R.). — Contribution à l'étude des besoins en eau du cotonnier à l'Office du Niger (Mali). *Cot. Fib. trop.*, p. 437-445., vol. XXIII, 1968.
- KAMMACHER (P.). — La production artificielle d'aberrations chromosomiques chez *Gossypium hirsutum* par les rayons X. *Cot. Fib. trop.*, p. 269-288, vol. XIII, 1958.
- KAMMACHER (P.) et POISSON (C.). — Sur les possibilités de transférer du matériel génétique du cotonnier sauvage *Gossypium anomalum* Waw. et Peyr. à l'espèce cultivée *G. hirsutum* L., *Cot. Fib. trop.*, p. 243-264, vol. XIX, 1964.
- KAMMACHER (P.), POISSON (C.) et SCHWENDIMAN (J.). — Étude de la localisation chromosomique du gène ms3 de stérilité pollinique du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 417-420, vol. XXII, 1967.
- KAMMACHER (P.). — Nouvel examen du groupe de liaison I de *Gossypium hirsutum*. *Cot. Fib. trop.*, p. 179-181, vol. XXIII, 1968.
- KAMMACHER (P.), POISSON (C.) et SCHWENDIMAN (J.). — Mise en évidence d'une homéologie chromosomique entre *Gossypium anomalum* Waw. et Peyr. et *G. stocksi* Mast. *Cot. Fib. trop.*, p. 469-470, vol. XXIV, 1969.
- KASSENBECK (P.). — Étude au microscope électronique de la croissance des fibres de coton. (Variété Allen). *Cot. Fib. trop.*, p. 1-30, vol. XVI, 1961.
- KEARNEY (T. H.). — Short branch ; another character of cotton showing monohybrid inheritance. *J. Agric. Res.*, 41, p. 379-387, 1930.
- KERR (T.). — Structure of the growth rings in the secondary wall of the cotton hairs. *Protopl.*, 22, p. 229-241, 1937.
- KERR (T.). — Outer wall of the cotton fiber and its influence on fiber properties. *Text. Res. J.*, 16, p. 249-254, 1946.
- KING (E. E.) et LAMKIN (G. E.). — Isolation of proteins from glanded cottonseed. *J. Agric. Food. Chem.*, 25, p. 1211-1213, 1977.
- KLAVER (H.). — Évapotranspiration et économie de l'eau des cultures, Généralités. Premières contributions de l'I.R.C.T. *Cot. Fib. trop.*, p. 275-295, vol. XXII, 1967.
- KNIGHT (R. L.). — The theory and application of the backcross technique in cotton breeding. *Journ. Gen.*, 46, p. 1-27, 1944.
- KNIGHT (R. L.). — The role of major genes in the evolution of economic characters. *Journ. Gen.*, 48, p. 370-387, 1950.

- KOHEL (R. J.) and RICHMOND (T. R.). — Evaluation of synthetic varieties of Upland cotton developed under two levels of natural outcrossing. *Crop Sc.*, 9, p. 647-651, 1969.
- KOHEL (R. J.). — The effect of the environment on cotton seed development. *Oilseed processing clinic, New Orleans, Feb. 1977.*
- KOHEL (R. J.). — Breeding for cottonseed quality. *Document non publié.*
- LABOUCHEIX (J.), VAN OFFEREN (A. L.) et DESMIDTS (M.). — Étude de la transmission par *Orosius cellulosus* (Lindberg) (Homoptera Cicadellidae) de la virescence florale du cotonnier et de *Sida*, sp. *Cot. Fib. trop.*, p. 461-471, vol. XXVIII, 1973.
- LABOUCHEIX (J.), VAN OFFEREN (A. L.) et DESMIDTS (M.). — Importance économique et épidémiologie de la phylloïdie du cotonnier, *Cot. Fib. trop.*, p. 473-482, vol. XXVIII, 1973.
- LAGIÈRE (R.). — Aperçu sur le « leaf-curl » et l'Anthracnose des cotonniers (*G. barbadense*) au Togo. *Cot. Fib. trop.*, p. 394-395, vol. XXIII, 1968.
- LAGIÈRE (R.) et OUATTARA (S.). — Contribution à l'étude d'une maladie nouvelle du cotonnier : la virescence. III. Résultats d'essais de transmission de la maladie. *Cot. Fib. trop.*, p. 403-411, vol. XXIV, 1969.
- LAGIÈRE (R.). — Contribution à l'étude des pourritures des capsules du cotonnier en El Salvador. I. Étiologie. *Cot. Fib. trop.*, p. 361-373, vol. XXV, 1970.
- LAGIÈRE (R.). — Les pourritures des capsules du cotonnier au Sénégal I. Importance économique, principaux champignons responsables. *Cot. Fib. trop.*, p. 379-391 et 493-507, vol. XXVIII, 1973.
- LAGIÈRE (R.). — Contribution à l'étude de la flore mycologique des fibres de coton brut. *Cot. Fib. trop.*, p. 437-445, vol. XXIX, 1974.
- LAWHON (J. T.), CATER (C. M.), MATTIL (K. F.). — Évaluation of the food use potential of sixteen varieties of cottonseed. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 54-75, 1977.
- LEE (J. A.). — Some prospects for breeding more glandular cottons. — *Proc. Beltwide Cott. Prod. Res. Conf. (Memphis, Tenn.)*, 209-214, 1966.
- LEE (J. A.). — Some genetic relationships between seed and square gossypol in *Gossypium hirsutum* L. (Abstr.). *Proc. Beltwide Cott. Prod. Res. Conf. (Dallas, Tx)*, 87, 1974.
- LEFORT (P. L.) et Schwendiman (J.). — Qualités et défauts de diverses combinaisons F1 issues du croisement entre *Gossypium hirsutum* et *G. barbadense*. *Cot. Fib. trop.*, p. 231-236, vol. XXIX, 1974.
- LEFORT (P. L.), COUILLOUD (R.) et ANGELINI (A.). — Application de l'analyse multivariante à un essai comparatif de produits insecticides. *Cot. Fib. trop.*, p. 319-326, vol. XXIX, 1974.
- LUSAS (E. W.), LAWHON (J. T.), CLARK (S. P.), MATLOCK (S. W.), MEINKE (W. W.) MULSOW (D. W.), RHEE (K. C.) et WAN (P. J.). — Potential for edible protein products from glandless cottonseed. *Conf. Glandless cotton Dallas*, December 1977.
- LUSCOMBE (J. A.) et GARNER (W. E.). — Fiber versus moisture, Ginners'. *Journ. Yearbook*, mars 1961.
- LONGCHAMP (R.). — Lutte biologique contre les mauvaises herbes. *Phytiatrie-Phytopharmacie* 26, p. 203-213, 1977.

- Mc MICHAEL (S. C.). — Glandless boll in Upland cotton and its use in the study of natural crossing. *Agron. J.*, 46, 527-528, 1954.
- McMICHAEL (S. C.). — Recent developments of genetics of glandless-seed of cotton. *Proc. 11th an. Cott. Imp. Conf.*, p. 48-50, 1958.
- MAHAMA (A.) et CAUQUIL (J.). — La sélection de variétés résistantes à la maladie bleue du cotonnier dans l'Empire Centrafricain. *Cot. Fib. trop.*, p. 439-446, vol. XXXI, 1976.
- MANNING (H. L.). — Yield improvement from a selection index technique with cotton. *Hered.*, 10, 3, p. 303-322, 1956.
- MARINI (P.), KAISER (R.) et VILLEMEN (P.). — Étude à l'aide de (³²P) du développement racinaire du cotonnier sur deux types de sol de la plaine du Mangoky. *Cot. Fib. trop.*, p. 291-306, vol. XXXIII, 1978.
- MARTINEZ (W. H.), FRAMPTON (V. L.) and CABELL (C. A.). — Effects of gossypol and raffinose on lysine content and nutritive quality of proteins in meals from glandless cottonseed. *J. Agr. Food. Chem.* 9, 64, 1961.
- MARTINEZ (W. H.), BERARDI (L. C.), FRAMPTON (V. L.), WILCKE (H. L.), GREENE (D. E.) and TEICHMAN (R.). — Importance of cellular constituents to cottonseed meal protein quality. *J. Agr. Food Chem.*, 15, 427, 1967.
- MARTINEZ (W. H.), BERARDI (L. C.) and GOLDBLATT (L. A.). — Potential of cottonseed : products, composition and use. *Proc. Third Int. Cong. Food Sci. Technol. (SOS/70)*, p. 248, 1970.
- MARTINEZ (W. H.) et HOPKINS (D. T.). — *Cotton seed proteins products I. Variation in protein quality with product and process.* Éd. par Marcel Dekker, p. 355-374, 1975.
- MASSAT (J.). — Le coton en culture de décrue dans la région de Majunga. *Cot. Fib. trop.*, p. 367-376, vol. XVII, 1962.
- MASSENOT (M.). — A propos de la verticilliose du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 383-402, vol. XIX, 1964.
- MASSEY (R. E.). — Studies on blackarm disease of cotton. I, II, III. *Emp. Coll. Grow. Rev.*, 7, p. 185-195, 1930 ; 8, p. 187-213, 1931 ; 11, p. 188-193, 1934.
- MAUNEY (J. R.). — Floral initiation of upland cotton *Gossypium hirsutum* L. in response to temperature. *J. Exp. Bot.*, 17, p. 452-459, 1966.
- MAUNEY (J. R.). — Morphology of the cotton plant. in advances in production and utilisation of quality cotton : principles and practices. Ed. Elliot, Hoover & Parker. *Iowa State Univ. Press.*, p. 24-40, 1968.
- MÉGIE (C.). — Cycle de floraison et productivité du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 388-390, vol. XV, 1960.
- MÉGIE (C.). — Rôle du pH dans l'effet toxique de l'azote ammoniacal sur le cotonnier, *Cot. Fib. trop.*, p. 204-208, vol. XXI, 1966.
- MÉGIE (C.) et EHRWEIN (J. H.). — Contribution à l'étude de l'évolution de la fertilité d'un sol du Continental Terminal (Koro) dans les essais pérennes de la station agronomique de Deli. *Cot. Fib. trop.*, p. 241-266, vol. XXXI, 1976.
- MEYER (J. R.), ROUX (J.-B.) et THOMAS (R. O.). — A preliminary report on the induction of male sterility in cotton by maleic hydrazide. *Miss. Agr. Exp. St Inf. Sheel.* 589, 1958.
- MILDNER (P.). — Étude sur le rôle de la bactériose (*Xanthomonas malvacearum*) dans les pourritures des capsules en Centrafrique. *Cot. Fib. trop.*, p. 347-356, vol. XXI, 1966.

- MILLER (P. A.). — Prospect for improvement of cottonseed quality. *Proc. Belt. cott. Res. Conf.* 1978.
- MISHRA (R. R.) et DESAI (D. B.). — IX. *International congress of plant protection*. Washington 5. II. August 1979.
- MOREAU (J. P.). — Présence d'*Orosius* sp. (Homopt. Anchenorrhynques) dans une cotonnerie atteinte de virescence en Haute-Volta. *Cot. Fib. trop.*, p. 471-472, vol. XXIV, 1969.
- MULLER (L.), JACKS (T.), HENSARLING (T.). — Aqueous solvents for extracted glanded cottonseed protein without gland rupture. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 53, p. 501-606, 1976.
- NOACHOVITCH (G.). — Rapport à la Commission de nutrition animale et humaine, *D.G.R.S.T.-I.N.S.E.R.M.-I.N.A.*, 1966.
- NUTT. (G. B.). — Harvesting cotton mechanically. *Emp. Cott. Gr. Rev.*, 41, 3, p. 163-166, 1964.
- OLSON (R. L.). — Evaluation of liquid cyclone process cottonseed flour. *Oil Mill Gaz.*, 77-7, 1972.
- OSMAN (R. O.). — Effet de la défoliation du coton sur les caractères de la graine et de l'huile. *Cot. Fib. trop.*, p. 263-267, vol. XXXIII, 1978.
- PARNELL (F. R.), KING (H. E.) et RUSTON (D. F.). — Jassid resistance and hairiness of the cotton plant. *Bull. Ent. Res.*, 39, p. 539-575, 1949.
- PARRY (G.). — Essais de culture cotonnière au Sahara occidental. *Cot. Fib. trop.*, p. 324-332, vol. XVI, 1961.
- PARRY (G.) et RIVAS L. (F.). — Les variétés cotonnières en El Salvador. Le point en 1969. *Cot. Fib. trop.*, p. 253-270, vol. XXV, 1970.
- PARRY (G.). — Cedix, une nouvelle variété cotonnière salvadorienne. *Cot. Fib. trop.*, p. 291-292, vol. XXXII, 1977.
- PARRY (G.). — Valeurs comparées des variétés introduites en El Salvador de 1969 à 1978. *Cot. Fib. trop.*, p. 389-408, vol. XXXIII, 1978.
- PARSONS (F. S.). — Investigations on the cotton bollworm, *Heliothis armigera* I, II, III. *Bull. Ent. Res.*, 30, p. 321-328, 1939 ; 31, p. 89-109, 1940 ; 31, p. 147-177, 1940.
- PARTHASARATHY (M. S.) et SUNDARAM (V.). — Present day long staple indian cottons and the spinner. *ISCI Journal special issue* 1977, 8 p.
- PAULY (G.). — Comportement de variétés de cotonnier à l'égrenage. *Cot. Fib. trop.*, p. 313-324, vol. XXXII, 1977.
- PAULY (G.). — Les glandes à pigment du cotonnier aspect génétique et sélection des variétés « glandless » et « high gossypol ». *Cot. Fib. trop.*, p. 379-402, vol. XXXIV, 1979.
- PAULY (G.). — Stage effectué aux États Unis, I.R.C.T., 79 p., 1979 (non publié).
- PAULY (G.) et VAISSAYRE (M.). — État actuel des travaux de sélection sur les caractères de résistance du cotonnier aux chenilles de la capsule en Afrique Centrale. *Cot. Fib. trop.*, p. 209-216, vol. XXXV, 1980.
- PEARSON (R. W.), RATLIFF (L. F.) & TAYLOR (H. M.). — Effect of soil temperature, strength and pH on cotton seedling root elongation. *Agron. J.*, 62, p. 243-246, 1970.
- PHELPS (R. A.), SHENSTONE (F. S.), KEMMERER (A. R.) et EVANS (R. J.). — A review of cyclopropenoids compounds. Biological effects of some derivatives. *Poult. Sci.*, 44, 358-394, 1965.

- PHILLIPS (L. L.). — The cytogenetics of *Gossypium* and the origin of the New World cottons. *Evolution*, 17, 460-470, 1963.
- PHILLIPS (L. L.) et STRICKLAND (M. A.). — The cytology of a hybrid between *Gossypium hirsutum* and *G. longicalyx*. *Can. J. Genet. Cytol.*, 8, 91-95, 1966.
- PHILLIPS (L. L.). — Cotton in evolution of crop plants, *N. W. Simmonds ed.* 196-200, 1976.
- PIAS (J.). — Les sols du Moyen et Bas Logone, du Bas Chari, des régions riveraines du lac Tchad et du Bahr el-Ghazal. *Mem. O.R.S.T.O.M.*, 2, *Comm. Scient.* Logone Tchad, 438 p., 1962.
- PIERRARD (G.). — Dynamique des populations du phyllophage *Cosmophila flava* F. (Noctuidae) dans les cotonneries du Mali, *Cot. Fib. trop.*, p. 529-534, vol. XXVIII, 1973.
- PILETTE (M.) et BAGOT (Y.). — L'huilerie de coton. I.R.H.O., *Série scientifique* n° 10, Paris, 1956.
- PISSOT (P.). — La culture du coton en Égypte. Quelques aspects techniques et économiques. *Les Hommes, la Terre et l'Eau, O.N.I.*, 3, p. 63-76, 1962'
- POISSON (C.). — Sur les possibilités de transfert de matériel génétique du cotonnier sauvage *G. anomalum* (Waw. et Peyr.) à l'espèce cultivée *G. hirsutum* (L.). *Cot. Fib. trop.*, p. 401-405, 431-433, vol. XXII, 1967.
- POISSON (C.). — Note préliminaire concernant un monosomique de *Gossypium hirsutum* correspondant au groupe de liaison I. *Cot. Fib. trop.*, p. 183-185. vol. XXV, 1970.
- POISSON (C.). — Contribution à l'étude de l'hybridation interspécifique dans le genre *Gossypium* : transfert de matériel génétique de l'espèce diploïde *G. anomalum* à l'espèce tétraploïde cultivée *G. hirsutum* (1^{re} partie). *Cot. Fib. trop.*, p. 449-488, vol. XXV, 1970; (suite et fin), p. 161-199, vol. XXVI, 1971.
- QUEINNEC G. — L'extraction par solvant. *Europe Outre-Mer*, n° 587, p. 33-35, 1978.
- RAINGEARD (J.). — Le genre *Gossypium*, l'amélioration du cotonnier. *Note I.R.C.T. de synthèse non publiée*, 1961.
- RAO (S. B. P.), RAMACHANDRAN (K.) et VENKATARAMAN (M.). — March of hybrid cottons in india. *Cotton Development* Av. juin 1978, p. 2-6.
- RENOU (A.) et VAISSAYRE (M.). — Détermination de la DL 50 de quelques pyréthriinoïdes vis-à-vis d'*Héliothis armigera*. *Cot. Fib. trop.*, p. 309-311, vol. XXXIII, 1978.
- RICCIARDI (A. A.), VRDOLJAK (J.), GARDENAL (L.), POISSON (A.) et CAMPAGNAC (N.). — Comportement des variétés de cotonniers Reba B 50 et Reba P 279 en Argentine. *Cot. Fib. trop.*, p. 351-363, vol. XXXII, 1977.
- RICHARD (L.). — Évolution de la fertilité en culture intensive. *Cot. Fib. trop.*, p. 357-391, vol. XXII, 1967.
- RICHARD (L.). — Observations sur la fertilisation organique au Mali. *Cot. Fib. trop.*, p. 563-567, vol. XXVIII, 1973.
- RICHARD (L.). — Courbe de réponse d'une culture aux applications d'engrais. *Cot. Fib. trop.*, p. 235-239, vol. XXXI, 1976.
- RICHARD (L.). — Diagnostic pétiolaire de la nutrition azotée du cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 429-437, vol. XXXI, 1976.

- RICHMOND (T. R.). — Procedures and methods of cotton breeding with special reference to american cultivated species. *Adv. Genet.*, 4 p. 213-243, 1951.
- RIDLEHUBER (J. M.), GARDNER jr. (H. K.). — Production of food grade cottonseed protein by the L.C.P. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 1974.
- ROCH (J.). — Influence de la température et de l'humidité relative de l'air sur les caractéristiques technologiques de la fibre. Conséquences pratiques pour le contrôle du conditionnement d'air au laboratoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 289-295, vol. XXXI, 1976.
- ROEHRICH (O.) et SZYMANEK (J.). — Contribution à l'étude structurale de la fibre de coton. *Cot. Cult. Col.*, 20, 4, p. 407-460, 1965.
- ROMUALD-ROBERT (C.) et BOUCHY (C.). — Pluviométrie et culture cotonnière en Côte d'Ivoire. *Cot. Fib. trop.*, p. 407-460, vol. XX, 1965.
- ROUX (J.-B.). — L'haploïdie chez le cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 289-292, vol. XIII, 1958.
- ROUX (J.-B.). — La sélection de cotonniers sans gossypol. *Cot. Fib. trop.*, p. 27-42, vol. XV, 1960.
- ROUX (J.-B.). — Considérations sur l'intérêt du coton hybride et les techniques possibles de production. *Cot. Fib. trop.*, p. 376-382, vol. XV, 1960.
- ROUX (J.-B.). — Contribution à l'étude d'un caractère de stérilité mâle chez le cotonnier. *Cot. Fib. trop.*, p. 309-311, vol. XVI, 1961.
- ROUX (J.-B.). — La production cotonnière au Salvador. *Cot. Fib. trop.*, p. 369-382, vol. XIX, 1964.
- ROUX (J.-B.). — La culture de cotonniers sans glandes en Afrique Centrale et Occidentale. État actuel des recherches. *Cot. Fib. trop.*, p. 223-229, vol. XXX, 1975.
- ROUX (J.-B.). — Amélioration variétale du cotonnier en Afrique Centrale et Occidentale. *I.R.C.T.*, 1977, 98 p.
- ROUX (J.-B.). — Étude de composites de cotonniers. *Cot. Fib. trop.*, p. 339-348, vol. XXXIV, 1979.
- SCHMITZ (G.). — Première contribution à l'étude de *Cosmophila flava* Fabr., insecte parasite du cotonnier au Mali. *Cot. Fib. trop.*, p. 173-178, vol. XXIII, 1968.
- SCHWENDIMAN (J.) et LEFORT (P. L.). — Étude d'un matériel d'origine triple hybride *Gossypium hirsutum* X *G. arboreum* X *G. raimondii*. I. Application de l'analyse multivariable à la description des lignées de base, p. 307-318. II. Heterosis, inbreeding et aptitudes à la combinaison, p. 405-413. III. Epistasie, hérédité des principales caractéristiques utiles. Conclusions générales. *Cot. Fib. trop.*, p. 415-435, vol. XXIX, 1974.
- SCHWENDIMAN (J.). — Les modifications induites par la substitution complète de la paire de chromosomes A. de *Gossypium hirsutum* par l'homologue de *G. barbadense*. *Cot. Fib. trop.*, p. 283-291, vol. XXX, 1975.
- SCHWENDIMAN (J.) et CATELAND (B.). — État actuel des caractères qualitatifs du cotonnier *Gossypium hirsutum* L. *Cot. Fib. trop.*, p. 391-407. vol. XXXI, 1976, (168 réf. bibliographiques).
- SCHWENDIMAN (J.). — Les lignées hybrides issues du croisement entre *G. hirsutum* L. et *G. barbadense* L. I. L'obtention de lignées stables, la description et la comparaison de quelques lignées types. II. Les

- facteurs induisant des anomalies de fertilité. III. Déterminisme génétique des anomalies de fertilité. *Cot. Fib. trop.*, p. 283-305, vol. XXIX, 1974. IV. Avec P. L. LEFORT. Corrélations entre caractères, hétérosis, effet d'inbreeding et aptitudes à la combinaison en croisement dialléle. V. Séparation et importance relative des effets géniques pour le rendement en fibre et la longueur *Cot. Fib. trop.*, p. 185-194, vol. XXX, 1975. VI. Avec P. L. LEFORT, Le contrôle génétique de 7 caractères quantitatifs. *Cot. Fib. trop.*, p. 395-418, vol. XXX, 1975. VII. Ségrégation des gènes gouvernant des caractères qualitatifs. *Cot. Fib. trop.*, p. 333-348, vol. XXXI, 1976.
- SCHWENDIMAN (J.). — Amélioration du cotonnier *G. hirsutum* par hybridation interspécifique : utilisation des espèces *G. barbadense* et *G. stocksii*. *Thèse de Doct. ès-Sci.*, 164 p., 1978.
- SCHWENDIMAN (J.), KOTO (E.) et HAU (B.). — Considérations sur l'évolution de l'appariement chromosomique chez les hallohexaploïdes de cotonniers (*G. hirsutum* X *G. stocksii* et *G. hirsutum* X *G. longicalyx*) et sur la position taxonomique de *G. longicalyx*. *Cot. Fib. trop.*, p. 269-275, vol. XXXV, 1980.
- SEDIAC. — Traitement industriel des graines de coton. *U.N.I.D.O.*, 14 juin 1978.
- SEMENT (G.). — Économie de l'eau du cotonnier et irrigations à l'office du Niger (Mali). *Cot. Fib. trop.*, p. 481-516, vol. XX, 1965.
- SEMENT (G.). — Besoins en eau du cotonnier en culture irriguée : Mali, Afrique du Nord, Madagascar, *Cot. Fib. trop.*, p. 297-305, vol. XXII, 1967.
- SEMENT (G.). — Étude des effets secondaires de la fertilisation minérale sur le sol dans des systèmes culturaux à base de coton en Côte d'Ivoire Premiers résultats en matière de correction. *Cot. Fib. trop.*, p. 229-248, vol. XXXV, 1980.
- SHEETZ (R. H.), WEAVER Jr. (J. B.). — Inheritance of a fertility enhancer factor from Pima cotton when transferred into upland cotton with *Gossypium harknesii* brandegeei cytoplasm. *Crop. Sci.*, 20, 2, p. 272-275, 1980.
- SHAW (R. L.). — Incaparina gains acceptance, *Science* 156 : 168, 1967.
- SIMPSON (D. M.). — Factors affecting the longevity of cotton seed. *J. Agric. Res.*, 64, p. 407-419, 1942.
- STAEUBLI (A.). — Contribution à l'étude de *Cryptophlebia leucotreta* (Meyrick) particulièrement au Bénin. *Cot. Fib. trop.*, p. 325-349, vol. XXXII, 1977.
- STEWART (J.) McD. — Cotton physiology. A treatise. Sect. I. Flowering, fruiting and cutout. *Beltwide Cotton Prod. Res. Conf. Proceedings* 1979.
- STEWART (Jr.) McD. — Cotton physiology. A treatise Sect. II. Integrated developmental events and their response to environment in cotton bolls. *Beltwide Cotton Prod. Res. Conf. Proceeding*, p. 322-341, 1980.
- SUNDARAM (V.) et PANDEY (N. S.). — Cotton linters : production, analysis and grading in India. *Cot. Tech. Res. Labo. Publication (new series)* n° 78, Bombay, sept. 1978.
- SUNDARAM (V.). — Revision of staple length classification of indian cottons. *Indian CTRL*. n° 69, 1976.

- SUNDARAM (V.), OKA (P. G.) et MELITA (N. P.). — Know your cotton : hybrid 4 (Sankar K). *ISCI Journal*, vol. III, n° 1, 1978.
- TACKETT (J. L.) & PEARSON (R. W.). — Oxygen requirements of cotton seedling roots for penetration of compacted soil cores. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 28, p. 600-605, 1964.
- TACKETT (J. L.) & PEARSON (R. W.). — Effect of carbon dioxide on cotton seedling root penetration of compacted soil cores. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 28, p. 741-743, 1964.
- TARR (S. A. J.). — Seed treatment against blackarm disease of cotton in the Anglo-Egyptian Sudan, I, II, III, IV. *Emp. Cot. Grow. Rev.*, 30, p. 19-33, 1953 ; 30, p. 117-132, 1953 ; 30, p. 182-191, 1953 ; 33, p. 98-104, 1956.
- THARP (W. H.). — The cotton plant : how it grows and why its growth varieties. *Agricultural Hand book* n° 178.
- VAISSAYRE (M.). — Contribution à l'étude méthodologique de l'échantillonnage des populations d'insectes. Distribution dans l'espace des larves de deux Noctuelles nuisibles. *Heliothis armigera* Hbn, et *Earias insulana* Boisd., en culture cotonnière. *Cot. Fib. trop.*, p. 517-521. vol. XXVIII, 1973.
- VAISSAYRE (M.). — Éléments pour l'application d'un échantillonnage séquentiel des populations larvaires déprédatrices dans le déclenchement des interventions sur seuil. *Cot. Fib. trop.*, p. 367-370, vol. XXIX, 1974.
- VAISSAYRE (M.). — Échantillonnage séquentiel pour l'estimation de la densité des populations de chenilles de la capsule avec une précision déterminée. *Cot. Fib. trop.*, p. 327-331, vol. XXXI, 1976.
- VALICEK (P.). — Wild and cultivated cotton. *Cot. Fib. trop.*, p. 363-388, vol. XXXIII, 1978 ; p. 239-264, vol. XXXIV, 1979.
- VALICEK (P.). — *Gossypium nelsonii* Fryx. et ses relations avec les autres espèces de la sous-section Hibiscoidea. *Cot. Fib. trop.*, p. 315-319, vol. XXXIV, 1979.
- VIEIRA-DA-SILVA (J. B.). — Contribution à l'étude de la résistance à la sécheresse dans le genre *Gossypium*. I. La transpiration de feuilles détachées et notion d'un indice de contrôle de la transpiration. *Cot. Fib. trop.*, p. 197-204, vol. XXII, 1967.
- VIGIL (O.). — Multiplication en laboratoire et lâchers de *Trichogramma* sp. en vue de lutter contre *Heliothis zea* (Boddie) et *Alabama argillacea* (Hb.) en El Salvador (Amérique Centrale). *Cot. Fib. trop.*, p. 211-216, vol. XXVI, 1971.
- WANJURA (D. F.), HUDSPETH (E. B.) & BILBRO (J. D.). — Temperature-emergence relations of cottonseed under natural diurnal fluctuation. *Agron. J.*, 59, p. 217-219, 1967.
- WANJURA (D. F.) & BUXTON (D. R.). — Hypocotyl and radicle elongation of cotton as affected by soil environment. *Agron. J.*, 64, p. 431-434, 1972.
- WANJURA (D. F.) & MINTON (E. B.). — Evaluation of cottonseed hydration-chilling treatments for improving seedling emergence. *Agron. J.*, p. 217-220, 1974.
- WEAVER (D. B.), WEAVER (J. B.). — Inheritance of pollen fertility restoration in cytoplasmic male sterile upland cotton. *Crop. Sci.*, 17, p. 497-499, 1974.

- WEAVER (D. B.), WEAVER (J. B.). — Cracked root mutant in cotton : inheritance and linkage with fertility restoration. *Crop. Sci.*, 19, p. 307-309, 1979.
- WICKENS (G. M.). — Bacterial blight of cotton. A survey of present knowledge with particular reference to possibilities of control of the disease in African rain-grown cotton. *Emp. Coll. Grow. Rev.*, 30, p. 81-101, 1953.
- WILSON (F. D.) et LEE (J. A.). — Genetic relationship between tobacco budworm feeding response and gland number in cotton seedlings. *Crop Sci.*, 11, 419-421, 1971.
- WILSON (F. D.) et SHAVER (T. N.). — Glands, gossypol content and tobacco budworm development in seedlings and floral parts of cotton. *Crop. Sci.*, 13, 107-110, 1973.
- YATSU (L. Y.) et ALTSCHUL (A. M.). — Lipid-protein particles : isolation from seeds of *Gossypium hirsutum*. *Science*, 142, p. 1062-1064, 1963.
- YATSU (L. Y.). — The ultrastructure of cotyledonary tissue from *Gossypium hirsutum* L. seeds. *J. Cell. Biol.* 25 : Part 1, p. 193-199, 1965.
- YODER (R. E.). — The significance of soil structure in relation to the tilth problem. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.*, 2, p. 21-23, 1937.
- ZAITZEV (G. S.). — Contribution to the classification of the genus *Gossypium*. Tashkent, Trans. Turk. *Plant Breed. St.*, 12, p. 39-65. 1928.

TABLE DES MATIÈRES

PRÉFACE.....	9
AVANT-PROPOS.....	13

PREMIÈRE PARTIE

LE COTONNIER.....	15
CHAPITRE I. — Bref historique du coton	17
CHAPITRE II. — Le genre Gossypium	21
Les génomes.....	23
Classification botanique.....	27
Origine et description des cotonniers cultivés.....	30
CHAPITRE III. — Morphologie des cotonniers cultivés	37
Structure et port.....	37
Racines.....	39
Tiges et rameaux.....	40
Feuilles.....	41
Fleurs.....	42
Fruits.....	45
Graine fibre et duvet.....	46
Glandes.....	47
CHAPITRE IV. — Physiologie	49
Le cycle du cotonnier.....	50
Abscission ou chute des organes fructifères.....	63
Caractères physiologiques des graines.....	66
La nutrition carbonée.....	70
L'alimentation en eau.....	73

CHAPITRE V. — La Culture	77
Rotation culturale.....	78
Préparation du sol.....	80
Semis.....	84
Entretiens culturaux.....	87
Les désherbants chimiques.....	89
Récoltes.....	92
Récolteuses.....	95

SECONDE PARTIE

FACTEURS D'AMÉLIORATION CULTURALE	99
CHAPITRE VI. — La Fertilisation minérale	101
Nutrition minérale et fertilisation.....	101
Azote.....	101
Phosphore.....	104
Potasse.....	106
Calcium et Magnésium.....	109
Soufre.....	109
Bore.....	110
Programmes de fertilisation.....	110
Aspects généraux.....	110
Fertilisation annuelle en Afrique tropicale.....	113
Fertilisation d'un système de culture.....	113
CHAPITRE VII. — Irrigation	115
Généralités.....	115
Besoins en eau du cotonnier.....	116
Conduite des irrigations.....	121
CHAPITRE VIII. — Défense des cultures	127
A. <i>Les Maladies du cotonnier</i>	127
Fonte des semis et maladies des plantules.....	128
La pourriture des racines et du collet.....	130
Les maladies vasculaires.....	132
La bactériose.....	135
Les pourritures de capsules.....	137
Les maladies des feuilles.....	139
L'altenariose.....	139

Le faux mildiou.....	139
Les rouilles.....	139
Autres champignons maculicoles.....	140
Virus et mycoplasmes.....	140
Le leaf curl.....	140
La mosaïque.....	141
La maladie bleue.....	142
La virescence florale.....	143
La Flavescence et la Psyllose.....	143
B. Les ravageurs animaux du cotonnier.....	144
Organes attaqués.....	144
Les principaux ravageurs.....	149
Classe des Arachnides.....	149
Classe des Myriapodes.....	151
Classe des Insectes.....	152
Ordre des Thysanoptères (les Thrips).....	152
Ordre des Homoptères.....	153
Ordre des Hémiptères.....	156
Ordre des Lépidoptères.....	159
Ordre des Coléoptères.....	170
Protection des cultures.....	172
Lutte par des moyens agronomiques.....	172
Lutte par des moyens génétiques.....	173
Lutte biologique.....	173
Les Entomophages.....	174
Les Entomopathogènes.....	174
Lutte chimique.....	175
Action sur la biologie des insectes.....	175
Action insecticide.....	176
Moyens de lutte chimique.....	176
Présentations commerciales.....	177
Mode d'épandage.....	177
Programmes de traitement.....	179
Lutte intégrée.....	180
CHAPITRE IX. — Amélioration variétale.....	181
Éléments de génétique cotonnière.....	181
Cytogénétique.....	181
Les mutants qualitatifs chez <i>Gossypium hirsutum</i>	187

Objectifs de la sélection.....	189
Amélioration de la production.....	189
Amélioration de la qualité.....	192
Liaisons entre caractères de sélection.....	193
Méthodes de Sélection.....	194
Sélection massale.....	194
Sélection généalogique.....	194
Sélection massale-pedigree.....	196
Croisements dirigés.....	199
Panmixie.....	200
Mutagenèse.....	202
Composites.....	202
Cotonnier hybride de première génération.....	204
Les variétés commerciales.....	205
L'expérimentation variétale.....	207
La multiplication de nouveaux cultivars.....	208
Les glandless.....	212
Les glandes à pigments.....	212
Génétique sommaire des glandes à pigments.....	214
Les terpénoïdes du cotonnier.....	214
La sélection des glandless.....	217

TROISIÈME PARTIE

LA FIBRE.....	219
CHAPITRE X. — Origine et Constitution	221
Physiologie et constitution.....	221
Composition chimique.....	223
Morphologie.....	224
CHAPITRE XI. — Égrenage	229
Historique.....	229
Types d'égreneuses.....	230
Usines d'égrenage.....	234
Conditionnement de la fibre.....	239
Données numériques liées à l'égrenage.....	240

CHAPITRE XII. — Classement et qualité de la fibre	245
Classement commercial.....	245
Analyses physiques au laboratoire.....	251
Échantillonnage.....	251
La longueur.....	252
Résistance, ténacité et allongement.....	257
Finesse et maturité.....	265
La couleur.....	273
Teneur en matières étrangères.....	275
La teneur en humidité.....	276
La teneur en cires.....	277
La nepposité.....	278
CHAPITRE XIII. — Le coton dans le monde	281
Production.....	281
Son évolution.....	281
Situation depuis cinq ans.....	282
Afrique et Madagascar.....	284
Classification de la production suivant la longueur des fibres.....	288
La consommation.....	288
Place du coton dans les usages textiles.....	288
La consommation de coton brut.....	289
Les importations de coton brut.....	289
Les exportations de coton brut.....	290
La commercialisation.....	290
Historique.....	290
La fixation des prix.....	291
Achat au producteur.....	292
Prix aux producteurs des U.S.A.....	293

QUATRIÈME PARTIE

LA GRAINE, SES DÉRIVÉS ET SOUS-PRODUITS...	295
CHAPITRE XIV. — La Graine	297
Constitution et composition.....	297
Production, échanges mondiaux, usage.....	299
Amélioration des graines.....	301

CHAPITRE XV. — L'huile	303
Stockage et conservation des graines.....	303
Préparations à l'extraction.....	304
Nettoyage.....	304
Décorticage.....	305
Broyage et laminage.....	305
Cuisson des flocons.....	307
Extraction de l'huile.....	307
Presse hydraulique.....	308
Pression continue.....	309
Épuration de l'huile brute.....	309
Solvant.....	309
Procédé mixte.....	310
Raffinage de l'huile.....	311
Composition et caractéristiques.....	314
CHAPITRE XVI. — Sous-produits de la graine	317
Le duvet.....	317
La coque.....	319
CHAPITRE XVII. — Tourteaux	321
Composition.....	321
Utilisation.....	323
Commerce.....	324
CHAPITRE XVIII. — Farine de coton et alimentation humaine	327
Dégossypolisation.....	327
Les cotonniers « glandless ».....	328
Utilisations, transformations.....	329
La farine.....	329
Les produits plus élaborés non structurés.....	331
Produits élaborés texturisés.....	334
Les amandes grillées.....	334
Conclusions	335

CINQUIÈME PARTIE

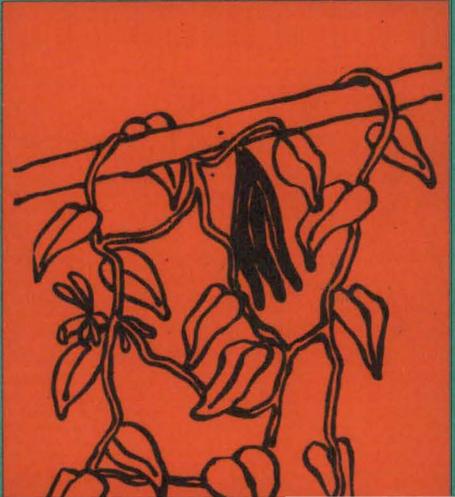
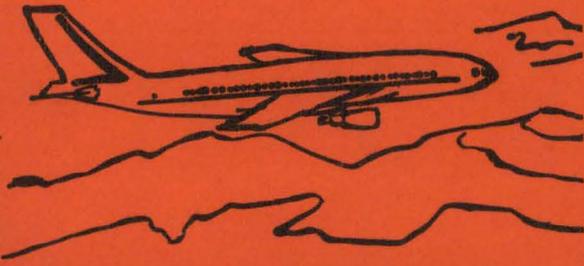
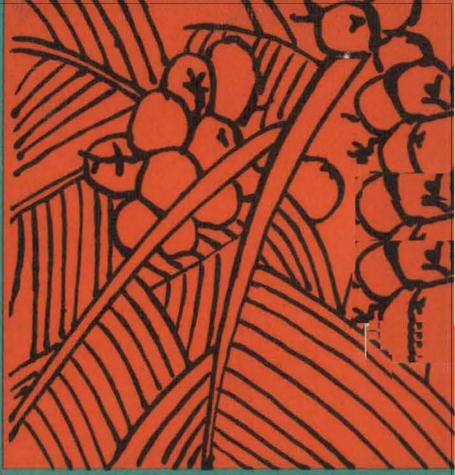
LA CULTURE COTONNIÈRE DANS LE MONDE....	337
CHAPITRE XIX. — Pays Grands Producteurs	339
États Unis d'Amérique.....	339
U.R.S.S.....	347
Union Indienne.....	354
Égypte.....	359
CHAPITRE XX. — Afrique francophone et Madagascar	365
Afrique du Nord.....	365
Algérie.....	365
Maroc.....	369
Afrique de l'Ouest.....	371
Sénégal.....	371
Mali.....	377
Haute Volta.....	384
Côte d'Ivoire.....	388
Togo.....	394
Benin.....	399
Afrique Centrale.....	403
Tchad.....	403
Cameroun.....	412
Centrafrique.....	419
Madagascar.....	424
CHAPITRE XXI. — Amérique Latine	435
Amérique Centrale.....	435
El Salvador.....	437
Amérique du Sud.....	446
Paraguay.....	446
ANNEXES.....	453
1. Caractéristiques morphologiques générales des cotonniers cultivés.....	453
2. Programme de fertilisation annuelle à partir de 1980.	454

3. Expression phénotypique des glandes des différents allèles.....	455
4. Statistique mondiale de production, surfaces et rendement en kg/ha de fibre de coton.....	457
5. Consommation mondiale de fibre de coton par zone géographique.....	460
6. Consommation industrielle de coton, laine et fibres chimiques.....	460
7. Pays grands consommateurs de fibres de coton....	461
8. Principaux pays exportateurs de coton.....	461
9. Cotation CIF du Standard I et de l'Indice A.....	462
10. Les importations mondiales de fibre.....	463
11. Estimations de la production de graines, huile et tourteaux.....	464
12. Échanges mondiaux en graine de coton.....	465
13. Exportations d'huile de coton.....	466
14. Importations d'huile de coton.....	467
15. Importations de tourteaux de coton.....	468
16. Exportations de tourteaux de coton.....	469
17. Récapitulation des situations cotonnières mondiales depuis 1969.....	470
18. Conversions des mesures de longueurs, surfaces, poids, volumes, températures, rendements coton et longueurs de fibre.....	471
BIBLIOGRAPHIE.....	473
Ouvrages généraux (32).....	473
Articles de publications (345).....	474

IMPRIMERIE A. BONTEMPS

LIMOGES (FRANCE)

Dépôt légal : 4^e trimestre 1981



ISBN : 2-7068-0823-3
ISSN : 0497-0624

PRIX : 387 F