



## II. Les étapes de transformation du coton graine : homogénéiser les produits pour passer le crible du marché mondial

**De nombreuses étapes séparent le champ de cotonnier du produit fini (figure II.1) : la culture en elle-même, la récolte, le stockage du coton graine, l'égrenage, la filature, le tissage, la teinture, etc. Pour passer du coton graine à la fibre puis au fil destiné à la fabrication d'étoffe, les interventions humaines ou industrielles vont aboutir à l'obtention d'une fibre dont la qualité n'ira pas toujours de pair avec les intérêts ou les possibilités de tous les intervenants : chacun choisit sa matière première selon des critères spécifiques, généralement assortis de primes ou de pénalités financières. A chaque étape, la qualité est affaire de compromis technique.**

### Les pratiques culturales ont une incidence sur la qualité de la récolte

D'un côté, il est nécessaire d'apprécier la qualité de manière à adapter la production à la demande, en recherchant le matériel végétal et les itinéraires techniques appropriés. De l'autre, il faut raisonner les modalités de conduite de la culture en fonction des objectifs de production des agriculteurs et des objectifs de qualité de

la filière. Enfin, la demande des acteurs vise de plus en plus une homogénéité de la qualité dans les bassins de production : le rôle des technologies est donc central.

L'aboutissement des études sur les interactions entre la conduite de la culture, le milieu et la qualité technologique est aujourd'hui une préoccupation forte de la recherche cotonnière : construire, de manière raisonnée, interdisciplinaire et participative, les modes de conduite de la culture du cotonnier, tout en optimisant la qualité de la fibre. Du point de vue de la participation des technologues, il s'agit d'évaluer l'effet des itinéraires techniques sur la qua-

Opérations et produits

Caractéristiques impliquées  
spécifiques aux fibres

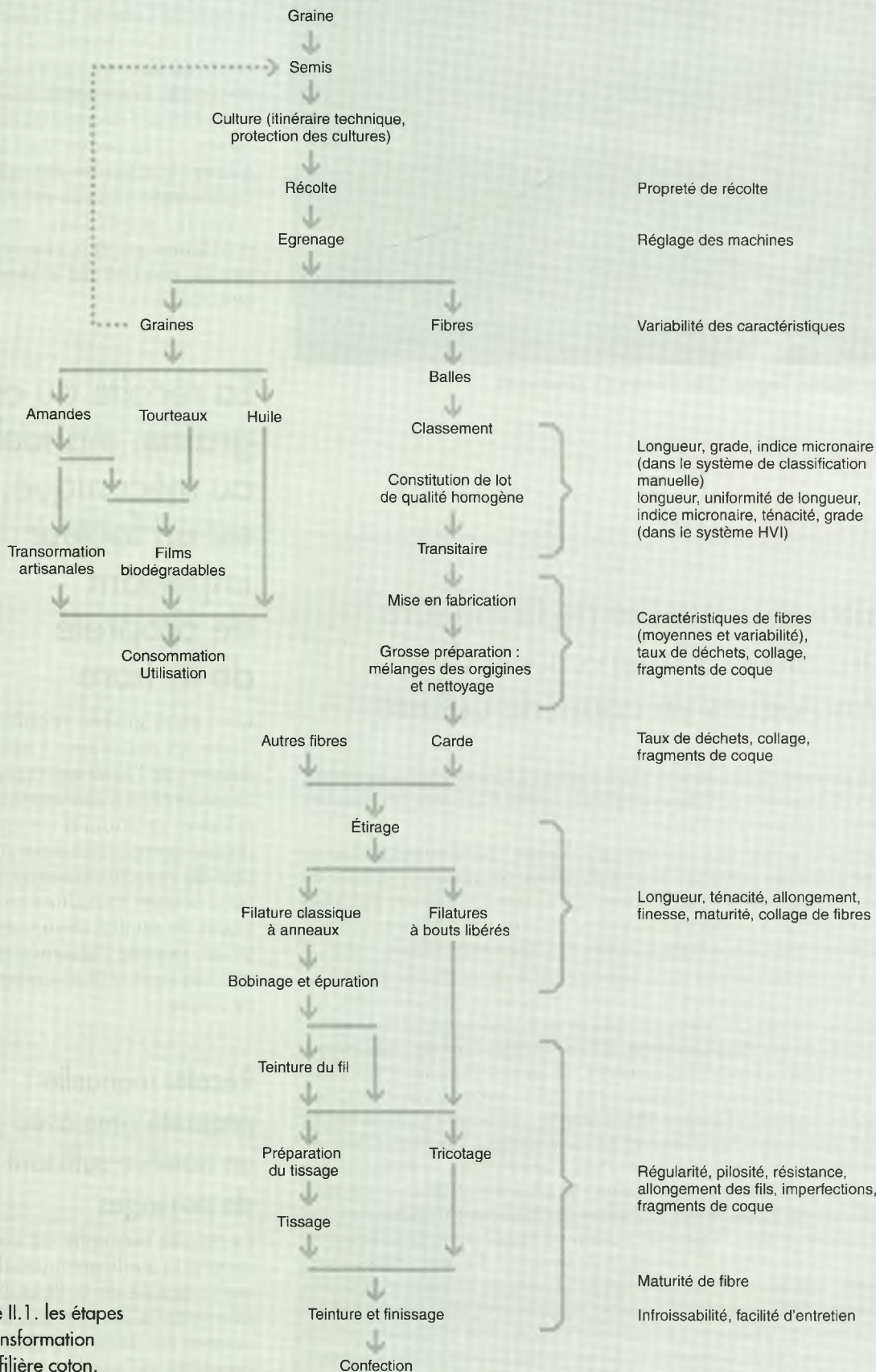


Figure II.1. les étapes de transformation de la filière coton.



Usine d'égrenage récente, Segela, Côte d'Ivoire. G. Gawrysiak

Encadré II.1

## Maîtriser la qualité de la matière première : l'intervention des technologues en cours de culture

Obtenir un coton graine de bonne qualité avant d'arriver à l'usine d'égrenage revient à comprendre les déterminants de l'élaboration de la qualité à l'échelle des parcelles du bassin d'approvisionnement de l'usine.

Sur le plan biologique, la fibre de coton correspond à une cellule hypertrophiée de l'épiderme d'une graine de cotonnier. Une seule graine comporte des milliers de fibres et chaque parcelle, des millions de graines à l'hectare. En dépit des difficultés majeures que représente la compréhension des mécanismes impliqués, l'enjeu commercial est déterminant face à la concurrence des fibres artificielles.

La connaissance du fonctionnement du cotonnier permet de simuler le rendement d'une culture en fonction du type de sol, du climat et des techniques culturales. Les modèles développés, comme COTONS, donnent en particulier le calcul de la masse des capsules au cours de leur développement. A l'intérieur des capsules, cette masse, principalement composée d'assimilats carbonés, se répartit entre les graines, les amandes et les fibres (les graines en représentent 55 à 65 % selon les variétés). Grâce à la technologie AFIS, appareil d'analyse fibre à fibre des différentes caractéristiques technologiques, il devient possible d'associer les caractéristiques technologiques de la fibre aux conditions de développement d'une capsule. Pour la longueur par exemple, les évolutions de l'alimentation hydrique du cotonnier ou de la température au cours du cycle cultural induisent des différences de cinétique d'allongement selon l'âge de chaque capsule du plant. A partir du moment où les phénomènes sont connus, il devient possible soit de prédire la variabilité de longueur des fibres issues d'une parcelle cotonnière, soit de mettre au point des techniques de production destinées à réduire cette variabilité. Les travaux menés conjointement à Montpellier et en Thaïlande (université de Kasetsart) permettent d'ores et déjà d'avancer dans la connaissance de l'influence de la répartition des assimilats carbonés dans la capsule ainsi que du rôle de la température sur les caractéristiques de longueur et de finesse.

lité et l'homogénéité des productions. En retour, une définition des exigences de qualité doit être donnée pour, le cas échéant, préciser le domaine de validité des nouveaux modes de culture. Le travail du sol, la date et la densité de semis, le choix variétal en fonction du mode de récolte, la préparation à la récolte (régulateurs de croissance, défoliants...), la protection phytosanitaire, le contrôle des adventices, l'alimentation en eau et l'emploi des engrais, sont ainsi autant de pratiques qui ont une incidence sur la qualité du coton graine (encadré II.1).

## La récolte du coton graine, manuelle ou mécanique, est un facteur important de propreté de la fibre

Un coton graine récolté propre limite les nettoyages à effectuer au moment de l'égrenage et préserve au mieux la fibre d'altérations qui la fragilisent. Le souci d'un coton plus propre correspond aussi à l'évolution du marché mondial du coton pour lequel certaines caractéristiques de qualité deviennent prioritaires, comme l'absence de contaminants dans la fibre (collage, débris de coque...).

### Récolte manuelle : propreté rime avec un nombre suffisant de passages

La récolte manuelle est considérée comme la meilleure façon de préserver la qualité de la fibre de coton : elle évite la plupart des impuretés comme les débris de branches, de brindilles, de feuilles, le sable ou la terre, les capsules immatures.

Adaptée aux petites surfaces éloignées et peu accessibles, elle reste la technique la plus employée dans de nombreux pays. Toutefois, dans certaines régions, la qualité deviendrait hétérogène car les agriculteurs diminuent le nombre de passages (récoltes partielles au fur et à mesure que les capsules s'ouvrent) par manque de temps et de main-d'œuvre.

### Récolte mécanique : il faut trouver l'équilibre entre rapidité et qualité

Il existe deux principaux types de récolteuse : le *cotton stripper* et le *cotton picker*. Le *cotton stripper* arrache la capsule entière (coton graine + carpelles + bractées) ; le coton graine récolté est très chargé d'impuretés (branches, brindilles, feuilles, sable, terre, capsules ouvertes ou non), qu'il faudra éliminer à l'usine d'égrenage en utilisant des matériels de nettoyage agressifs pour les fibres. Le *cotton picker* est le système le plus répandu en agriculture mécanisée ; il ne récolte que des capsules ouvertes avec peu de dommages aux plants, ce qui permet des récoltes fractionnées de coton graine de bon aspect. Il faut noter que la conception des machines de récolte évolue aujourd'hui, avec la culture dite *ultra narrow row* pratiquée aux Etats-Unis, qui consiste à semer le cotonnier en rangs très serrés (écart entre les rangs comparable à celui du blé).

### Le stockage du coton graine : une question d'humidité

Le coton graine doit être récolté dans des conditions d'humidité telles que son stockage ne puisse affecter ni la qualité de la graine, ni celle de la fibre. Le taux de germination de la graine chute très vite quand le coton graine est stocké humide à cause de l'augmentation de la température due à l'activité bactérienne et à la respiration des graines. Dans ces

mêmes conditions, des effets nocifs sur la qualité de la fibre sont également observés, en particulier sur le grade (indice de propreté, couleur et présentation de la fibre) et sur les performances en filature.

### L'égrenage : un processus industriel complexe

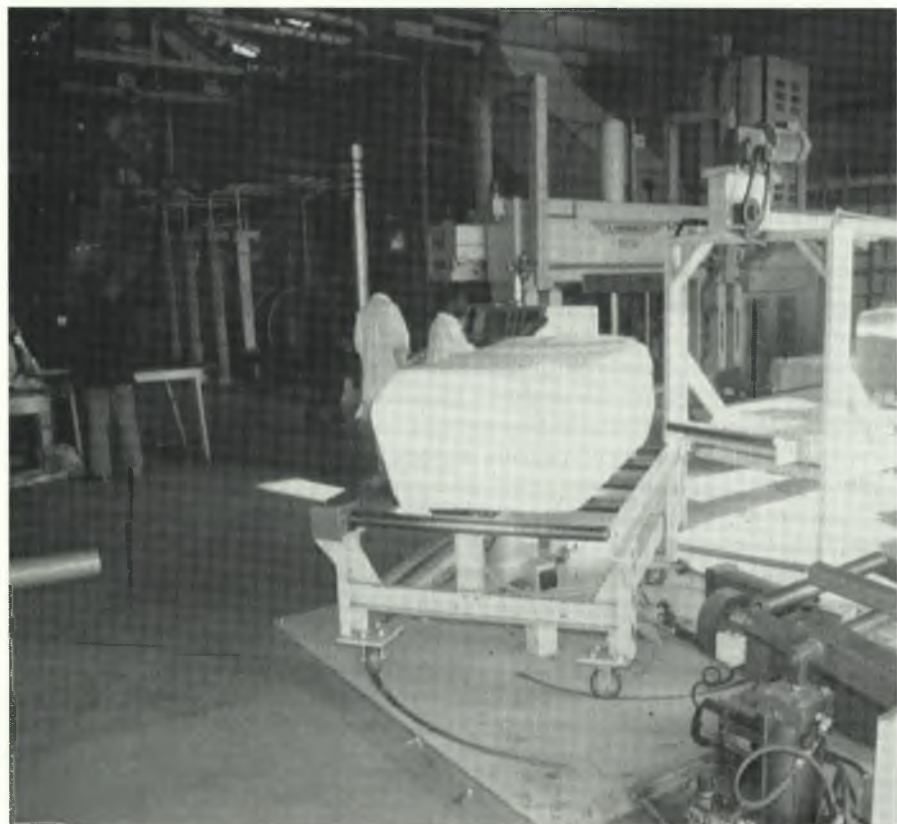
Globalement, les opérations conduites dans l'usine d'égrenage conditionnent l'essentiel de la qualité de la matière première des transformateurs, à savoir la fibre pour les filatures et la graine pour les huileries ou les centres semenciers (encadré II.2). Les opérations les plus importantes sont le nettoyage du coton graine, l'égrenage proprement dit (séparation de la graine et de la fibre), le nettoyage de la fibre et son conditionnement en balles.

### Le nettoyage du coton graine : éliminer les contaminants de grande taille

Les systèmes modernes de nettoyage du coton graine éliminent les matières étrangères de grande dimension (capsules vertes, cailloux, morceaux de tiges, etc.) qui sont récupérées lors de la récolte et qui ne se sont pas incrustées dans la masse intime des fibres. Les machines les plus courantes sont les *cylinder cleaners*, les *bur machines*, les *stick machines* et les *extractor-feeders*, qui ont chacune des capacités de nettoyage particulières. Le nombre et la combinaison de ces machines est fonction du taux d'impuretés contenues dans le coton graine récolté et du mode de récolte.

Le coton graine en cours de nettoyage doit avoir un faible taux d'humidité relative (environ 5 %) pour permettre une bonne séparation

Balle de fibre de coton, à la sortie de la presse, usine d'égrenage de Korhogo II, Côte d'Ivoire. G. Gawrysiak





des impuretés ; des tours de séchage régulées sont parfois installées dans les usines pour favoriser cette opération. Toutefois, un séchage trop poussé ou mal conduit affecte la qualité des fibres : fibres endommagées, jaunissement, baisse de l'affinité tinctoriale (c'est-à-dire la capacité de la fibre à absorber et à garder la teinture).

## L'égrenage proprement dit

Il existe deux technologies d'égrenage : le rouleau et la scie. Le rouleau n'est utilisé industriellement que pour les fibres longues qui demandent un traitement plus en douceur que les autres fibres. L'égreneuse à scies est composée d'une

série de disques dentés montés sur un axe, espacés régulièrement et tournant entre des barreaux. Les dents accrochent la fibre dans la masse de coton graine dans laquelle les scies pénètrent en tournant. Les graines sont retenues par les barreaux. La fibre détachée par les dents est ensuite extraite des scies par des brosses ou par un courant d'air.

L'égrenage du coton graine est généralement précédé d'une humidification par adjonction de vapeur d'eau, de manière à augmenter la ténacité apparente des fibres (c'est-à-dire leur capacité à résister à une rupture). Le meilleur compromis entre le minimum de dommages causés à la fibre et un grade élevé est obtenu avec une humidité relative de la fibre comprise entre 6,5 et 8,0 % au point d'égrenage (point de séparation entre les fibres et la graine).

Encadré II.2

## Les risques d'altération des graines et des fibres dans les opérations d'égrenage

### Eviter la détérioration des graines

La détérioration des graines, qui peut être due au séchage, au convoyage ou au nettoyage, est caractérisée par des coupures et des fêlures transversales de la coque. Pendant l'égrenage, les dégâts s'accroissent quand le taux d'humidité des graines, le diamètre des scies ou la vitesse d'égrenage augmentent. En conséquence, le taux de germination peut être aussi modifié, ce qui est préjudiciable si les graines sont destinées à la semence.

### Préserver la qualité intrinsèque des fibres

Pour maintenir la qualité intrinsèque des fibres pendant tout le processus d'égrenage, il est nécessaire de faire varier l'humidité du coton graine et des fibres pour qu'elle atteigne des valeurs précises à des moments précis du processus. Les réglages proposés par les constructeurs permettent d'imposer des contraintes de nettoyage et d'égrenage d'intensité inférieure à la valeur critique de résistance apparente des fibres. C'est pour cette raison qu'égrener pour le plus haut grade n'est pas toujours compatible avec les qualités requises pour la filature.

Les nouvelles techniques de classement par les chaînes de mesure HVI (*High Volume Instrument*) permettent de caractériser chaque balle pour la longueur moyenne de ses fibres, l'uniformité de longueur, la ténacité, l'indice micronaire (qui est une mesure globale de la maturité et de la finesse de la fibre) et le grade<sup>1</sup>. Grâce aux hautes performances de ces machines, il a été mis en évidence les lacunes du système de classification classique, fondé sur le grade : par exemple, l'amélioration du grade peut détériorer la qualité intrinsèque des fibres.

### L'intervention concrète du Cirad

L'égrenage, opération de post-récolte directement impliquée dans la qualité des productions cotonnières, fait partie intégrante des études qui sont menées au Cirad. Ainsi, le laboratoire de technologie cotonnière entretient des relations étroites avec les compagnies cotonnières des différents pays avec lesquels le Cirad coopère : des tournées d'usines sont effectuées généralement une fois par an, pendant lesquelles des experts contrôlent le fonctionnement de tous les équipements et vérifient que la qualité des productions de ces usines est conforme à celle obtenue dans les unités d'égrenage de laboratoire. Grâce à des caractérisations d'échantillons prélevés à tous les points clés de l'usine, les défaillances sont décelées et il est possible de conseiller des améliorations pour garantir une production de qualité.

Les vendeurs, les transitaires et les filateurs font également appel au Cirad pour mesurer la qualité des fibres de tous types et de toutes origines. Ces mesures sont l'occasion de collecter un grand nombre d'informations et d'établir ainsi des relations entre les éléments disponibles sur la qualité des fibres de différentes origines (variété, égrenage, aptitude en filature...).

1. Pour la définition des différentes caractéristiques technologiques de la fibre et du fil, voir l'encadré III.1.

## Après l'égrenage, le nettoyage de la fibre : éviter la multiplication des passages

Pour éliminer les contaminants de petite dimension qui sont incrustés dans la masse intime des fibres, deux types de nettoyeur, ou *lint cleaner*, sont actuellement employés : le nettoyeur centrifuge et le nettoyeur à scies. Le nettoyeur centrifuge ne possède pas de partie mobile, mais un conduit qui change brusquement d'orientation à côté d'une fente d'éjection des déchets dont l'ouverture possède une largeur réglable. Les matières étrangères lourdes sont éjectées par la fente par leur force d'inertie. Le nettoyeur à scies nettoie les fibres par un peignage face à des barreaux réglables chargés d'éliminer les déchets par centrifugation. L'uniformité, l'épaisseur de la nappe de fibre, le coefficient de peignage et la vitesse des scies sont des facteurs importants de préservation de la qualité. Lorsque le réglage de ces paramètres n'est pas correctement ajusté, on observe rapidement une augmentation du taux de fibres courtes, une baisse de l'uniformité de longueur, une perte de longueur et un accroissement de la

présence de *neps* (ou amas de fibres emmêlées).

Les *lint cleaners* permettent généralement une amélioration sensible du grade, autrement dit de l'aspect extérieur. Dans les conditions traditionnelles de classification commerciale et d'obtention de prime à la qualité (encadré II.3), il en résulte une augmentation de la valeur marchande.

Ce système de classification privilégiant le grade, les égreneurs ont tendance à multiplier les postes de nettoyage de la fibre, avec les conséquences déjà citées.

## Le conditionnement en balles de la fibre nettoyée

Des systèmes de transport pneumatiques sont utilisés pour regrouper la production de trois à cinq égreneuses vers la presse à balles. Pendant ce transport, une humidification est généralement effectuée pour que les fibres atteignent le taux légal de reprise (teneur en eau maximale autorisée dans la balle) de 8,5 % d'humidité relative. A ce taux, les problèmes d'électricité statique au pressage sont résolus, les puissances nécessaires au pressage des balles sont réduites et les variations de poids d'une balle à une autre sont minimales. Après prélèvement d'échantillons pour caractérisation commerciale, les balles sont généralement emballées pour être protégées de contaminations ultérieures occasionnées lors des différents transferts vers les filatures.

## La filature industrielle

Une « mise en fabrication » a lieu à l'entrée de la filature. Cette opération consiste à choisir les balles en fonction de leur qualité et de leur prix, et à les assembler de façon à constituer un mélange. Ensuite, un équipement spécifique prélève, de manière répétée jusqu'à épuisement du mélange, un peu de matière sur chacune des balles du mélange.

### Encadré II.3

## Une obligation : se conformer aux évolutions du classement international de la fibre

La connaissance des caractéristiques physiques des fibres de coton est devenue un objectif prioritaire pour l'ensemble des professionnels de la filière (GOURLOT et HEQUET, 1994). La classification commerciale mondiale est faite pour constituer des lots de balles de fibres de coton homogènes : elle répond à la demande des industries de transformation (filateurs, tisseurs, ennoblisseurs) dont les équipements sont sensibles à l'hétérogénéité de la matière première et dont les grandes productions doivent être homogènes. Aujourd'hui, les caractères technologiques des fibres sont mesurés par des appareillages rapides dénommés HVI (*High Volume Instrument*), utilisés aussi bien pour la classification commerciale que pour les programmes de recherche.

Les méthodes de classification mondiale de la qualité des fibres ont considérablement évolué ces dernières années : en 1995, l'*Universal Standard Committee* (comité qui comprend tous les représentants des filières coton) a accepté la mesure de plusieurs critères technologiques des fibres par les appareils HVI : ainsi, les critères de ténacité, découpage du grade en colorimétrie et en taux de déchet, longueur de la fibre, indice micronaire et uniformité de longueur sont utilisés dans les transactions commerciales. Ces critères complètent ou remplacent ceux issus des méthodes traditionnelles, jusqu'alors demandés dans les contrats d'échange de fibre ; effectuées manuellement et visuellement, ces évaluations traditionnelles restaient limitées, les deux critères principaux étant le grade et la longueur. Ce nouveau système de mesure est maintenant largement répandu dans le monde alors qu'en Afrique, et dans de nombreux pays producteurs du Sud, le classement reste encore le plus souvent visuel et manuel. Pour mieux valoriser le coton africain, il devient donc indispensable d'accompagner la transition, irréversible, entre cette classification traditionnelle et le système international.

La volonté de construire une classification sur de nouveaux critères est aujourd'hui assortie d'importantes recherches pour assurer que les résultats produits sont reproductibles dans des intervalles de confiance limités. Le laboratoire de technologie cotonnière du Cirad est doté de l'expertise nécessaire et réalise certaines de ces études sur le plan mondial. Il met par exemple à profit cette expertise pour développer des méthodes de mesure de la qualité dans les pays producteurs : cela a d'ailleurs commencé au Tchad, dans le cadre de la collaboration entre la Cotontchad (la société de développement cotonnière du Tchad), l'Itrad (Institut tchadien de recherche agronomique pour le développement), avec une chaîne de mesure HVI pour la caractérisation de la qualité des fibres ; c'est aussi le cas au Soudan, avec l'appareil de mesure du collage des fibres (le H2SD).

Les fibres subissent des opérations de nettoyage avant d'être mélangées intimement par des dispositifs adaptés qui constituent la « grosse préparation ».

La carte est le dernier point de nettoyage : c'est l'étape d'ouverture fine des fibres, qui permet leur individualisation avant d'être recondensées sous la forme de rubans. Les rubans alimentent ensuite les étapes d'étira-

ge. A l'étirage, les fibres sont « parallélisées » par glissement fibre à fibre grâce à des trains de rouleaux en pression. C'est généralement à cette étape que d'autres fibres (synthétiques, artificielles ou naturelles) peuvent être intégrées en diverses proportions.

Enfin, la filature a pour principe général de maintenir les fibres parallèles entre elles en leur imprimant



une torsion que les fils conservent quand ils sont enroulés sur leur support. Deux techniques principales de filature existent : la filature anneau/curseur, dite filature classique, et la filature à bouts libérés ou *open end*. Chacune requiert des qualités de fibres bien particulières et produit des filés possédant des caractéristiques spécifiques.

Actuellement, les filateurs ont besoin de résultats qui leur permettent non seulement de prévoir les qualités technologiques des filés mais aussi de réduire le nombre des arrêts en filature imputables à la matière première. Les polluants incriminés, désignés par le terme de nepposité sont les débris de coque (ou *seed coat fragments, SCF*) et le collage (fibres collées par des miellats d'insectes en particulier). Les perturbations provoquées lors de la fabrication du fil ne sont pas des moindres, comme les ruptures fréquentes du fil, qui induisent des pertes de rendement et une augmentation du taux d'imperfections observées, réduisant le niveau de qualité du fil.

## La mise au point de procédés ou de méthodes utilisables par les acteurs de la filière est l'atout de la recherche en technologie

L'amélioration de la gestion de la qualité selon le type d'organisation de la filière devient indispensable face au système de classement mondial, fondé sur l'automatisation et un nombre croissant de critères. Mais, dans les filières cotonnières africaines, l'évolution vers le système international n'est pertinente que si elle s'accompagne de l'optimisation de la rémunération des agriculteurs. Actuellement, ils sont payés sur la base de leur production et d'après un classement visuel subjectif et peu variable. Le Cirad dispose d'acquis suffisants sur les filières et leurs évo-

lutions en cours pour mettre à jour les possibilités de normaliser un classement objectif de la production, qui soit le plus juste pour tous les acteurs de ces filières (localisation de la classification, modalités, critères, liens producteur/production, etc.).

En terme de recherche-développement, les technologues du Cirad, en partenariat avec des entreprises privées, mettent au point une plate-forme de mesure rapide et multicritère intégrée le plus en amont possible dans la filière, c'est-à-dire le plus près du champ de l'agriculteur. Au sein des filières, il est possible d'identifier les points de blocage et de rechercher la meilleure organisation de la gestion de la qualité : pour un producteur donné, des solutions peuvent être trouvées pour suivre la qualité, tout au long du processus de transformation du coton graine jusqu'à la mise en balles. Certains appareillages techniques existent déjà au laboratoire de Montpellier ; ils pourraient être testés en vraie grandeur pour déterminer les indicateurs de pilotage d'allotement du coton et de son classement par critère.

Coton graine récolté à la main (à gauche) et à la machine (à droite). J. Gutknecht

