

III. La fibre de coton : des recherches approfondies pour une filière très organisée



Récolteuse de coton graine,
Côte d'Ivoire. G. Gawrysiak

La notion de qualité se réfère aux paramètres technologiques mesurés de la fibre ; ils sont maintenant largement utilisés pour classer les types de coton. Ils permettent aux intervenants du secteur textile de choisir la matière à travailler en fonction de la qualité et des prix souhaités par leurs clients. Dans ce domaine, le Cirad a choisi de mettre au point des procédés et des méthodes utilisables par les acteurs des filières, en s'appuyant sur le principe de normalisation internationale des méthodes de mesure, clé de la production de résultats incontestables et stables dans le temps.

La technologie est au cœur de la standardisation des mesures

Le laboratoire de technologie cotonnière du Cirad fait partie des grands laboratoires internationaux qui travaillent sur les mesures des caractéristiques de la fibre (encadré III.1). Il apporte un appui direct aux programmes d'amélioration variétale. Il est également au service des professionnels du textile pour toute demande d'analyse qualitative d'échantillons.

Participation active à la normalisation mondiale de la qualité

Le laboratoire de technologie cotonnière du Cirad collabore à la création des cotons standards internationaux. C'est à ce titre qu'il représente l'Itmf (*International Textile Manufacturers Federation*) et qu'il fait partie des six laboratoires internationaux de référence dans l'Iccsc (*International Calibration Cotton Standard Committee*) désignés pour évaluer les caractéristiques d'échantillons de coton qui deviendront des cotons standards Iccsc. Ces standards sont utilisés pour étalonner les



Encadré III.1

La qualité de la fibre : les paramètres pris en compte aujourd'hui

La qualité de la fibre produite est primordiale car la qualité des filés et des tissus en dépend étroitement. Il est donc indispensable de déterminer certaines caractéristiques dans des conditions de mesure particulières. Les paramètres aujourd'hui mesurables sont le grade, la longueur, la résistance à la rupture de la fibre, la finesse linéique, la finesse standard et la maturité, le test de microfilature et la caractérisation des filés. Ces mesures permettent de prévoir la capacité des fibres à être filées et leur aptitude à la prise de la teinture. Quant au collage, il pourrait être le nouveau paramètre prochainement pris en compte grâce aux équipements récemment mis sur le marché.

Le grade

Le grade des cotons est un indice de propreté et de présentation. Il est défini par la combinaison de la charge en impuretés (débris végétaux, graines cassées, sable), de la préparation (c'est-à-dire de la présence ou non de « mèches ») et de la colorimétrie. La colorimétrie est estimée à partir de deux mesures :

- visuellement, les standards de grade qui sont des standards physiques ou descriptifs de la fibre, spécifiques de chaque type de production. L'*United State Department of Agriculture* a ainsi mis au point des jeux de standards pour les cotons produits aux Etats-Unis. Chaque pays peut ainsi avoir ses propres standards ;
- par appareil, la colorimétrie proprement dite avec deux grandeurs mesurées, la réflectance (Rd%) et le degré de jaune (+b).

La longueur

La longueur de la fibre est considérée comme la caractéristique la plus importante. Elle intervient pour une bonne part dans la valeur marchande du coton. Elle est exprimée le plus souvent en pouces (1 pouce = 25,4 mm) ou en millimètres. Deux méthodes permettent de l'apprécier : le *pulling* — méthode d'appréciation visuelle d'une barbe de fibres parallélisées, faite par des spécialistes appelés « classeurs » — et la mesure de la distribution des longueurs

de fibres. On tire de cette distribution trois caractéristiques techniques :

- la longueur moyenne de la moitié supérieure des fibres de l'échantillon ou *Upper Half Mean Length* (UHML), qui correspond à la longueur *pulling* donnée par les classeurs, exprimée en millimètre, en pouce ou en 32^e de pouce ;
- la longueur moyenne de toutes les fibres ou *Mean Length* (ML), exprimée en millimètre, en pouce ou en 32^e de pouce ;
- l'index d'uniformité ou *Uniformity Index* (UI), qui est le rapport ML/UHML ; cet index fournit une indication de l'uniformité du coton, exprimé en pourcentage.

La résistance à la rupture de la fibre

La résistance à la rupture de la fibre explique en grande partie la résistance du fil. Elle est mesurée sur des faisceaux de fibres parallèles, au stéломètre ou en chaîne HVI. La résistance des fibres est généralement exprimée en charge spécifique de rupture, communément appelée, dans le domaine textile, la ténacité, c'est-à-dire la charge de rupture exprimée en centinewtons (cN) rapportée à la masse linéique exprimée en tex (le tex étant la masse en grammes pour 1 000 m de fibre, filament, fil...).

Finesse linéique, finesse standard et maturité

La finesse linéique (H), exprimée en millitex (mtex), est la masse réelle par unité de longueur des fibres. C'est cette valeur qui permet au filateur de prévoir le nombre moyen de fibres présentes dans la section de fil.

La finesse standard de la fibre (Hs), exprimée en mtex, est une caractéristique variétale qui peut être estimée par le périmètre, le diamètre ou la surface d'une section de la fibre. Si l'on observe la section des fibres après déhiscence de la capsule, on se rend compte de la diversité de forme suivant que les fibres sont très mûres, normales, immatures ou mortes. La mesure exacte et directe de la finesse des fibres se révèle longue et difficile. Une mesure rapide et précise de la finesse et de la maturité est donc

indispensable dans le contexte industriel. C'est pourquoi des méthodes indirectes sont adoptées.

La maturité représente l'épaississement de la paroi secondaire en cellulose. Elle dépend des conditions de culture, des conséquences des maladies et des insectes parasites. Elle se définit par trois critères :

- le *maturity ratio* (MR), indicateur du pourcentage de fibres normales et mortes selon la méthode anglaise ;
- le pourcentage des fibres mûres (PM %), indicateur du pourcentage de fibres normales et mortes selon la méthode des Etats-Unis ;
- l'indice micronaire, que les pratiques commerciales utilisent principalement. Cet indice est une mesure du complexe maturité/finesse, qui apporte moins d'informations sur la conformation des fibres de coton que la mesure individuelle des deux éléments du complexe.

Test de microfilature et caractérisation des filés

Le laboratoire de technologie cotonnière du Cirad dispose d'une microfilature qui comprend tous les dispositifs d'une filature industrielle. Des méthodes ont été mises au point pour utiliser cette microfilature sur des masses de fibres allant de quelques grammes à plusieurs centaines de grammes. Ainsi, il devient possible, pour les chercheurs et les filateurs, d'évaluer le comportement des cotons en filature sur des bases statistiques fiables (FRYDRYCH *et al.*, 1997). Par exemple, BALDWIN *et al.* (1995) a employé cette technique pour les études de l'influence des matières étrangères sur la qualité du fil. De plus, la microfilature produit une longueur de fil compatible avec la production de tissus ou de tricotés prêts à teindre.

Les caractéristiques technologiques mesurées sur les filés sont la masse linéique du fil, les propriétés dynamométriques, la régularité de masse des textiles et la torsion du fil.

La *masse linéique du fil* est la masse par unité de longueur des textiles linéaires, sous forme de fibre, de ruban provenant de la filature, de fil, exprimée en tex

Encadré III.1 (suite)

(grammes pour 1 000 m, Norme NF 01-001). Pour éviter des différences d'affinité tinctoriale, il est nécessaire que la taille de tous les fils d'un tissu soit homogène.

Les propriétés dynamométriques mesurées sont la force à la rupture du fil et l'allongement correspondant, qui illustre la capacité des filés à absorber les contraintes qui leur sont infligées par les opérations de tissage et de tricotage. On détermine la ténacité du fil par le rapport de la force de rupture et de la masse linéique du fil avant l'essai. Les caractéristiques dynamométriques sont

mesurées à l'aide de dynamomètres, fil à fil suivant la norme NF G07003 ou sur échevette de 100 m de fil.

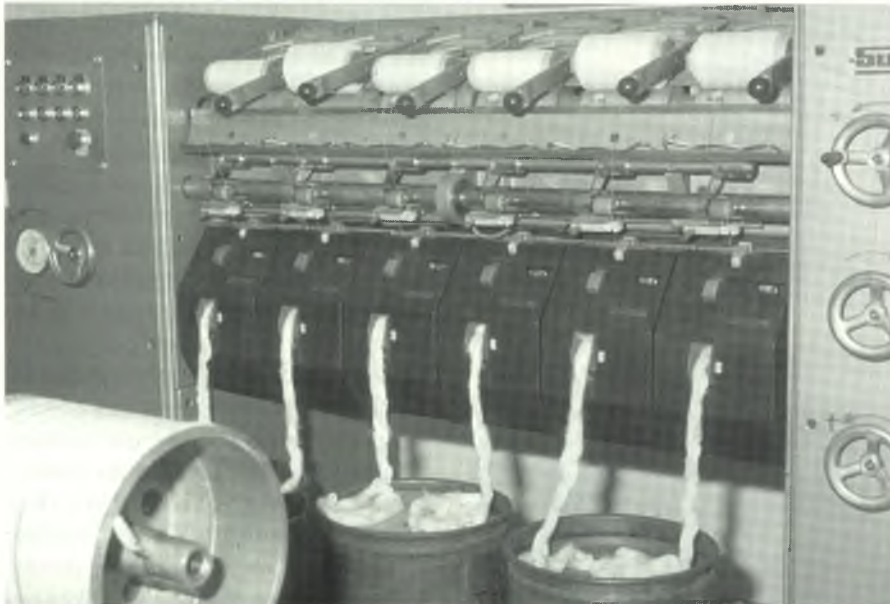
La régularité de masse des textiles est mesurée selon plusieurs critères, qui permettent d'apprécier la régularité d'un fil et de revoir, si nécessaire, les réglages des dispositifs de production :

- la variation de masse ;
- le nombre de finesses et de grosseurs sur des longueurs fixes (généralement 1 000 m de fil) ;
- les neps qui regroupent diverses imperfections comme les débris de

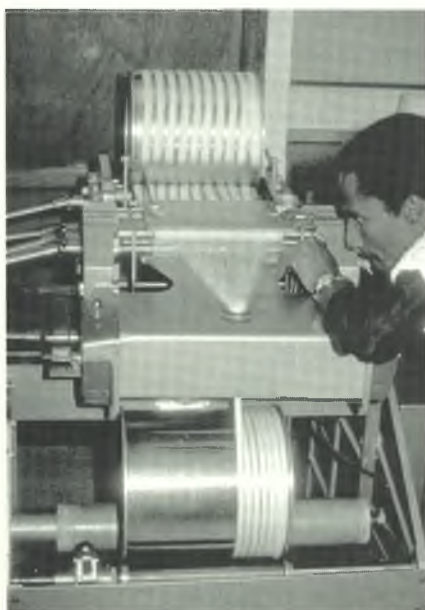
coque, les enchevêtrements de fibres, les débris divers.

Ces mesures sont généralement effectuées par des appareils de type capacitif permettant une vitesse d'analyse du fil importante (400 m/mn).

La torsion du fil est exprimée par le nombre moyen de tours par mètre de fil. Elle est déterminée, en principe, en détordant jusqu'à torsion nulle une longueur de fil donnée (norme NF, G07078 ou norme NF, G07079).



Continu à filer *open end* du laboratoire de technologie cotonnière du Cirad à Montpellier. T. Erwin



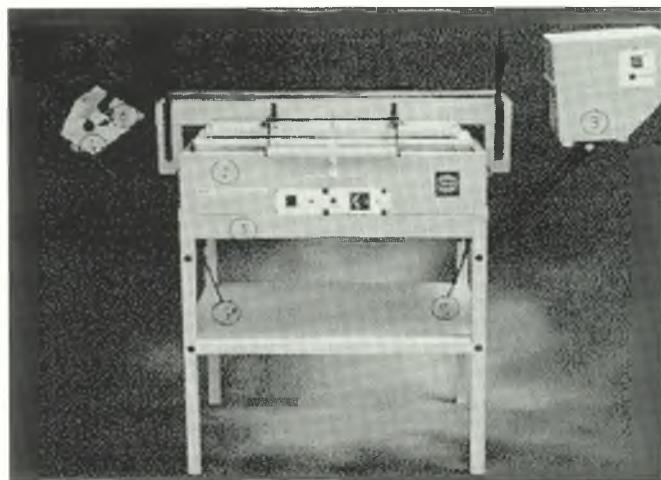
Laboratoire de technologie cotonnière en Côte d'Ivoire : l'étirage. J. Gutknecht

appareils classiques de mesure de tous les laboratoires d'analyse de fibres dans le monde. Un test interlaboratoire proposant un diagnostic personnalisé fonctionne maintenant depuis cinq ans et a permis de normaliser les résultats attendus.

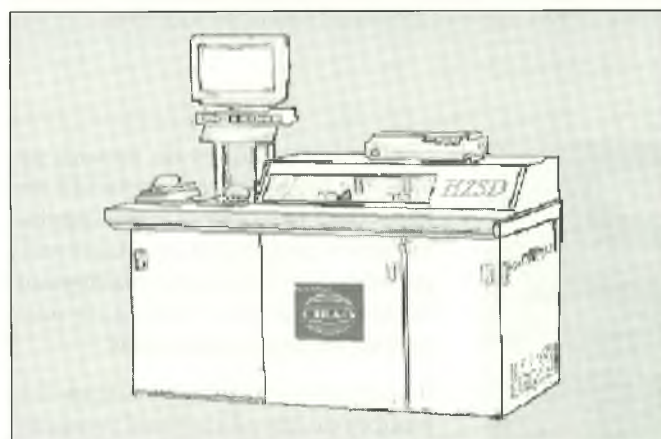
Il participe également à tous les groupes de travail de l'ltmf (maturité et finesse, mesures HVI, collage, longueur). Il est actif dans le groupe de travail sur la normalisation de la mesure de ténacité des fibres (*Reference Strength Tester*) et des méthodes de mesure du collage (Afnor, Cen).

La technologie en amont des recherches agronomiques et variétales

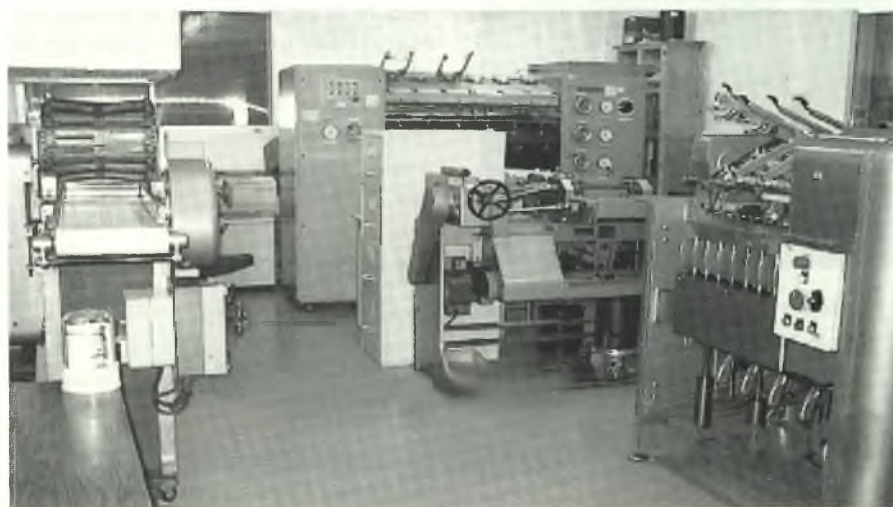
Le laboratoire met au point des méthodes d'utilisation d'appareils de mesure des caractéristiques de la fibre adaptés aux exigences de la recherche. Ainsi, les technologues ont démontré que les chaînes HVI peuvent être employées pour fournir des résultats aux programmes d'amélioration variétale, sous réserve de suivre des modes opératoires particuliers, différents de ceux utilisés en classification commerciale. Ils ont également montré que la finesse standard peut être un critère de sélection et qu'elle est héritable.



Appareil SCT.
R. Frydrych



Appareil H2SD.
M. Giner



La microfilature
du laboratoire
de technologie
cotonnière du
Cirad.
R. Frydrych

Mesure de la qualité : recherche- développement en conditions industrielles et commerciales

Les secteurs de transformation (égrenage, filature, tissage, ennoblissement) demandent un meilleur contrôle de la qualité de la fibre et l'homogénéité des productions à chaque étape industrielle. Le principal changement qui explique cette évolution est l'augmentation des vitesses de traitement des matières à toutes les étapes de la transformation, ce qui implique de tenir compte des informations issues des systèmes de classification. Le plus souvent, les problèmes incriminés sont dus à divers polluants de la fibre. De ce fait, les transformateurs imposent que les fibres soient au préalable regroupées par lot de balles de qualité homogène et que la rédaction des contrats et des conditions de vente stipule un certain nombre de caractéristiques mesurées par les appareils HVI. Ce constat a conduit le Cirad à mettre au point trois technologies de pointe qui précisent la qualité de la fibre de coton : le thermodétecteur SCT et le détecteur rapide H2SD pour la caractérisation du collage d'origine entomologique ; le détecteur Trashcam pour le dénombrement des débris de coque dans la fibre.

Grâce aux études en microfilature et aux développements d'appareils de mesure, ils ont aussi observé l'héritabilité du caractère potentiel de formation des débris de coque (BACHELIER, 1998 ; GOURLOT *et al.*, 1995).

Il apporte une aide indispensable pour l'amélioration variétale du cotonnier en effectuant, chaque année, l'expertise de plusieurs mil-

liers d'échantillons en provenance de diverses origines (Amérique du Sud, Asie, Afrique). Les caractéristiques technologiques des fibres sont analysées et la fabrication des filés est contrôlée grâce à la microfilature. Les programmes de sélection du cotonnier mettent à profit ces données pour choisir les lignées et les cultivars intéressants.

SCT et H2SD : deux appareils pour mesurer le collage

La présence de déjections d'insectes parasites du cotonnier (piqueurs suceurs, comme les pucerons ou les mouches blanches) sur la fibre ou sur les autres organes de la plante est désignée par le terme générique « collage du coton ». Les fibres

s'aggrègent et se collent, les machines qui les travaillent s'en-craissent : il s'ensuit une dépréciation du produit fini et de fréquents arrêts de production. Il n'existe pas actuellement de traitement industriel du collage sur le marché textile¹. Le niveau de collage des cotons est donc devenu un critère de sélection majeur pour les filateurs. Les producteurs sont parfois obligés de vendre leur coton avec une décote et, dans ces conditions, l'ensemble d'une production d'un pays ayant la réputation de fournir des cotons collants peut subir une moins-value financière, alors qu'une large part de la production est indemne.

Le thermodétecteur SCT et le détecteur rapide H2SD permettent de collecter des informations fiables sur le collage dans les pays producteurs. Ainsi, des mesures préventives peuvent être entreprises pour diminuer le phénomène. Les pays concernés peuvent définir les zones à risques et appliquer les solutions les mieux adaptées (traitements, récolte précoce). Les filateurs peuvent trier les cotons, effectuer des mélanges permettant d'optimiser le fonctionnement de leur matériel afin d'obtenir la productivité souhaitée et une qualité maximale des filés.

Le thermodétecteur SCT est, depuis 1994, recommandé par l'ITMF (référence 420/94) comme mesure de référence du collage des cotons pollués par les miellats d'insecte. Cependant, cet appareil est trop lent pour envisager une éventuelle classification de toutes les balles de la production d'un pays. Etablir une évaluation de chaque balle requiert une machine capable de mesurer rapidement le collage, comme les chaînes HVI le font pour les autres caractéristiques de la fibre. Le détecteur rapide H2SD a été créé pour suppléer à cette lenteur en fournissant un résultat toutes les 30 secondes. Le Cirad en assure actuellement la fabrication.

1. Le Cirad a déposé deux brevets pour la neutralisation du collage, qui ne sont pas encore industrialisés.

Trashcam, un analyseur d'image pour détecter les débris de coque

Au cours de l'opération d'égrenage, des fragments de coque, porteurs de fibres, sont arrachés aux graines. Pris dans la masse intime des fibres, ils sont, selon leur taille, difficiles à éliminer. Les étapes de nettoyage des fibres (nettoyeur centrifuge, ou à scies) et les opérations de nettoyage à l'entrée de la filature n'ont, dans le meilleur des cas, qu'une efficacité réduite sur ces polluants. Bien que leur masse totale diminue au fur et à mesure des nettoyages, plusieurs études ont montré que le nombre de débris de coque a tendance à augmenter parce qu'ils sont fractionnés à chaque opération. Ces fragments de coque réduisent l'efficacité de nettoyage de la cardé, augmentent le taux de casse durant la filature (PRICE, 1987) et affectent l'apparence du fil et des tissus.

La technologie Trashcam a été créée pour estimer le potentiel en débris de coque des variétés de cotonnier à des stades très précoces de la sélection, sans qu'il soit nécessaire d'aller jusqu'en microfilature. Cet appareil, basé sur le principe de l'analyse d'une image capturée par une caméra ou un scanner, détecte et comptabilise les débris de coque sur voile de cardé et mesure leur taille, à partir d'une très faible quantité de fibres. Du point de vue de la recherche, on évite ainsi certaines opérations très coûteuses comme la fabrication de fil et l'analyse détaillée des neps pour y distinguer les débris de coque (seule classe de neps ayant trait à un caractère variétal).

La masse réduite des échantillons nécessaires répond à une des contraintes de la sélection et permet d'exercer très tôt une pression de sélection dans un programme d'amélioration variétale. Ainsi, en utilisant Trashcam, il a été montré que le caractère potentiel de formation des débris de coque est héritable génétiquement et l'efficacité de l'amélioration variétale sur ce caractè-

re s'est traduite, au Cameroun, par la création de lignées à faible teneur en fragments de coque (BACHELIER, 1998).

Une méthode a également été développée à partir de Trashcam pour mesurer les débris de coque sur fil en filature industrielle. Tant sur voile de fibres que sur plaquette de fil, les comptages par Trashcam sont très bien corrélés avec ceux obtenus par analyse visuelle.

Exploiter avec profit les innombrables données technologiques

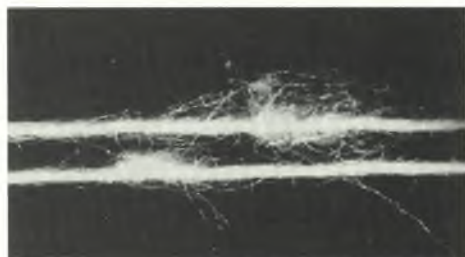
La création de systèmes d'exploitation des données permet de mettre en relation les divers relevés d'informations d'une situation (caractères variétaux, agronomiques, technologiques) et d'exploiter toutes les données produites par le laboratoire avec la perspective de prendre des décisions opérationnelles. Sister (Système d'information pour le stockage, le traitement et l'évaluation des résultats) a été mis au point pour assurer une utilisation optimale et facile des informations recueillies. Il permet de tirer partie des résultats obtenus lors d'expérimentations spécifiques pour mettre en évidence des facteurs diffus, c'est-à-dire dont les effets ne sont visibles qu'avec un grand nombre d'informations. Ce système d'exploitation peut être complété avec PasQual, destiné à la représentation cartographique des données. L'ensemble est un logiciel de gestion de bases de données, adaptable par simple administration, pourvu de tous les outils facilitant l'introduction, le prétraitement et la restitution des informations pour tout site de recherche, de service ou d'expérimentation. Toutes les données peuvent être transférées à des logiciels adéquats de traitement et d'analyse. Sister commence à être



Amas de fibres dû à la présence de miellat.



Amas de fibres dû au collage.



Amas de fibres immatures.



Autres types d'amas de fibres.

Photos R. Frydrych

utilisé par différentes équipes de chercheurs, autant dans la recherche sur les interactions entre les modes de conduite des cultures, le milieu et la qualité des produits, que dans l'accompagnement du développement des équipements et des méthodes dévolus à la technologie des productions agricoles ou forestières (cotonnier, riz, sorgho, hévéa...).

Dans un laboratoire, il est souvent nécessaire d'analyser des colis d'échantillons sur différents appareils de mesure pour obtenir une information complète. Sister permet le regroupement des résultats de chaque colis, grâce à des outils automatisés de calcul et d'importation depuis les appareils de mesure, tout en enregistrant les conditions de mesure et en effectuant le suivi qualitatif des appareils dans le temps. Sister possède un outil d'interrogation qui ne requiert aucune connaissance informatique particulière de la part de l'utilisateur. Ce module autorise des représentations graphiques, impressions et exportations des données vers des tableurs, logiciels de statistiques, fichiers Ascii...

L'avantage du logiciel Sister est qu'il est doté d'une grande capacité

d'adaptation aux besoins des utilisateurs. Ainsi, Sister peut être installé dans n'importe quel laboratoire d'analyse de propriétés physico-chimiques des matériaux. Il fournit une large gamme d'outils et de possibilités. C'est pourquoi un module particulier permet de masquer ou d'activer des fonctionnalités pour adapter la présentation de l'application, de gérer des *logins* pour sécuriser l'accès aux données, de choisir le langage d'expression de l'application (français, anglais, espagnol) et d'utiliser plusieurs banques de données à tour de rôle. Par exemple, du fait de sa convivialité, Sister est aussi employé comme l'outil de gestion de banques de ressources génétiques.

Le logiciel PasQual, compatible avec Sister, permet la mise en évidence, par exploration visuelle et statistique, de jeux d'informations d'origines différentes, dont les seuls liens entre eux sont les coordonnées géographiques. En parvenant ainsi à comprendre et à isoler les interactions entre le milieu et les résultats, il devient possible d'orienter certaines décisions pour la conduite des programmes de recherche et de développement.

Conclusion : la recherche technologique est intégrée dans la filière

Toutes ces recherches, qu'elles soient cognitives, appliquées ou tournées directement vers les besoins des transformateurs, sont le fruit d'un partenariat permanent. Rien ne se fait sans les relations entretenues avec les producteurs, les sociétés cotonnières et les usines de traitement des bassins de production, sans un dialogue poussé avec d'autres laboratoires et avec les industriels. Ce tissu partenarial très dense est un atout pour prévoir les champs d'activités stratégiques dans le futur et cette tendance semble même se renforcer à travers d'autres partenaires potentiellement intéressés.