

IV. La graine de cotonnier : une source potentielle de nouveaux produits alimentaires ou industriels

La graine de cotonnier est actuellement la matière première oléoprotéagineuse la moins chère dans le monde (environ 150 dollars américains par tonne). Réservée habituellement à la production d'huile et de tourteau pour l'alimentation animale, elle est mal valorisée. Des recherches sont conduites par le Cirad portant sur de nouvelles applications, telles que la transformation alimentaire des graines de cotonniers *glandless* et la fabrication de matériaux biodégradables.

La graine de cotonnier *glandless* a d'excellentes qualités nutritionnelles

Normalement, le cotonnier est pourvu de glandes à gossypol, qui est un pigment toxique pour les animaux monogastriques et pour l'homme. Mais il existe des cotonniers sans glande à gossypol (dits *glandless*), dont les graines peuvent être utilisées, après transformation, pour l'alimentation humaine ou animale (crevettes, poissons, porcs, volailles). Plusieurs essais ont déjà été conduits et ont montré de réelles perspec-

tives. Le laboratoire a d'ailleurs acquis un référentiel et des connaissances grâce aux résultats d'un projet financé par la Communauté européenne (STD2).

Le gossypol est un dangereux constituant

Le gossypol est un composé indésirable pour l'utilisation alimentaire élargie des graines, alors qu'elles renferment une amande riche en protéines et en huile. Comme pour la plupart des graines oléagineuses, les deux tiers de la production mondiale de graines de coton sont triturés pour produire une huile alimentaire. Les tourteaux, sous-produits de l'huilerie, sont réservés à l'alimentation des animaux polygastriques (bovins) qui tolèrent la présence du



Laboratoire de technologie cotonnière à Montpellier : les produits alimentaires confectionnés avec la farine de coton *glandless*.

J. Bourely

gossypol, alors qu'il est toxique pour les animaux monogastriques et l'homme : il provoque un abaissement de la valeur nutritionnelle des tourteaux en se combinant à la lysine disponible et induit des signes cliniques graves (oedèmes pulmonaires, hémorragies hépatiques).

La découverte des cotonniers sans gossypol a 50 ans

Parmi les moyens mis en œuvre jusqu'à ce jour pour éliminer le gossypol, la voie génétique est certainement la plus intéressante car elle n'entraîne pas de modification de la valeur nutritionnelle des protéines de coton. Cette voie fut ouverte, dans les années 50, par un chercheur américain qui découvrit un cotonnier dépourvu de glandes à gossypol. Il démontra par la suite que la présence, à l'état homozygote, de deux gènes, *gl2* et *gl3*, amenait la disparition complète des glandes à pigments de la partie aérienne des plantes. Il devenait donc possible de créer des variétés commerciales sans gossypol. Depuis

1958, l'Irct (ancien Institut de recherche du coton et des textiles exotiques), puis le Cirad, ont contribué activement au développement de nouvelles variétés *glandless* présentant des performances agronomiques et technologiques égalant ou dépassant celles des variétés classiques (dites *glanded*).

Depuis 1994, la culture *glandless* est en veilleuse

En 1989, la culture du cotonnier *glandless* ne représentait que 10 000 ha environ en Afrique de l'Ouest. Ces nouvelles variétés ont ensuite été développées jusqu'en 1994 surtout en raison d'un rendement en fibre supérieur à celui des variétés classiques : l'Afrique de l'Ouest comptait 350 000 ha en 1994 (surtout en Côte d'Ivoire, au Burkina Faso et au Mali). Ensuite, malgré les résultats probants du Cirad et d'autres organismes mondiaux sur la valeur nutritionnelle des graines, la culture des cotonniers *glandless* a été peu à peu abandonnée. Les raisons évoquées sont liées en partie à la perte de rendement à l'égrenage par rapport aux récentes variétés

glanded, pour lesquelles les efforts en sélection variétale ont été renforcés. De plus, les paysans ont été confrontés à des difficultés similaires à celles des cultures vivrières, en particulier à de multiples ravageurs. N'étant pas mieux rétribuée que la culture du cotonnier *glanded*, cette culture, ni sa valorisation alimentaire, n'ont été poursuivies (LANÇON, 1996).

D'excellents résultats en matière de nutrition humaine

Les connaissances techniques sur la valorisation alimentaire des cotonniers *glandless* sont actuellement suffisantes pour envisager des projets d'utilisation en milieu producteur. Le laboratoire de technologie cotonnière a en effet consacré une part importante de ses travaux à leur valorisation alimentaire jusqu'en 1994. Depuis cette date, il assure une veille technologique dans l'attente d'une éventuelle reprise. Le Cirad a coordonné deux programmes de recherche financés par la Communauté européenne.

Le premier programme (STD1) a porté, de 1984 à 1988, sur des études technologiques d'extraction d'huile pour obtenir des farines et des tourteaux de bonne qualité. Les résultats ont montré que les traitements technologiques ont une incidence sur la composition chimique, les propriétés fonctionnelles et la valeur nutritionnelle des produits qui en sont issus (BOURELY et HAU, 1991). Des études nutritionnelles ont été conduites au Laboratoire central de nutrition animale à Abidjan sur le poulet de chair : il a été montré que le tourteau de soja pouvait être remplacé, à raison de 10 % de la ration alimentaire, par du tourteau de coton *glandless*. A l'Institut national de santé publique (Abidjan), une étude globale a porté sur l'action comparée de préparations à base de farine de coton *glandless* et à base de lait dans la réhabilitation nutritionnelle d'enfants atteints de malnutrition. On a observé une efficacité comparable des deux régimes (lait ou coton) mais un décalage dans la vitesse de restauration des paramètres biochimiques des enfants ainsi nourris qui ne compromet toutefois pas la réhabilitation (BOURELY et HAU, 1991).

Le second programme (STD2), entre 1989 et 1994, concernait des recherches technologiques en milieu industriel et artisanal, des études sociales, économiques et nutritionnelles. Les principaux résultats (MARQUIE, 1994) ont souligné une excellente acceptation des dérivés des graines de coton dans l'alimentation traditionnelle au Bénin et au Burkina Faso. Une décortiqueuse manuelle de graines a été mise au point en collaboration avec l'Institut national d'études et de recherches agricoles (Inera) au Burkina Faso. Cette machine a particulièrement intéressé les groupements féminins qui transformaient les graines de coton. Les Nouvelles industries oléagineuses du Togo (Nioto) ont obtenu, avec un arrangement de presses approprié, sans addition de coques, des farines riches en protéines et pauvres en cellulose. L'Institut national de santé publique (Insp) à Abidjan a montré que les farines de coton délipidées pouvaient être utili-

Système automatique de pesée des graines, usine d'égrenage de Segela, Côte d'Ivoire.
G. Gawrysiak



sées dans l'alimentation de sevrage des enfants et pouvaient remplacer une part importante du lait dans une formulation adaptée au traitement de la malnutrition protéino-énergétique sévère. Des études nutritionnelles réalisées au Laboratoire central de nutrition animale (Abidjan) sur le porc charcutier ont permis d'établir des formulations où le tourteau de coton remplaçait 20 % de tourteau de soja avec une supplémentation en lysine disponible.

Matériaux biodégradables : envisageable et peut-être compétitif

De nouvelles possibilités de valorisation commerciale de la graine de cotonnier (*glandless* ou non) voient le jour, comme la transformation de leurs protéines en films biodégradables. Les technologues du Cirad étudient la fabrication de films de paillage agricole et les résultats pourront être utilisés, entre autres, pour l'ensachage, en remplacement des sacs plastiques, et pour l'enrobage de semences en agriculture. Compte tenu du faible coût des graines de coton, ces matériaux biodégradables devraient être très rentables par rapport à ceux déjà commercialisés — poly(hydroxybutyrate-

co-hydroxyvalérate), poly(acidelactique). Toutefois, certains verrous technologiques doivent être levés et c'est sur ces problèmes que le Cirad consacre ses efforts aujourd'hui.

Un procédé de transformation directe des farines en matériaux biodégradables

Les protéines sont des polymères naturels qui forment, sous l'influence de certains facteurs physico-chimiques, des interactions et des liaisons intramoléculaires et intermoléculaires pouvant conduire à la formation de réseaux tridimensionnels et donner lieu à l'obtention de gels ou de films. Un procédé pour transformer directement les farines de coton brutes (*glandless* ou *glanded*, délipidées ou non), riches en protéines, en matériaux biodégradables a été mis au point par le Cirad. Des films à base de protéines de coton ont été obtenus par voie humide selon le procédé appelé *casting* (MARQUIE *et al.*, 1995 ; MARQUIE, 1996). Le laboratoire a développé des recherches sur la réticulation des protéines avec des agents chimiques polyfonctionnels pour renforcer les matériaux (MARQUIE *et al.*, 1995, 1997, 1998).

Les propriétés mécaniques des matériaux (résistance et déformation à la



rupture) sont affectées par la température et l'humidité relative. Les analyses thermomécaniques en dynamique (Atmd) montrent que les matériaux peuvent être thermoformés pratiquement à température ambiante quand ils renferment une teneur en eau supérieure à 30 %. La totale biodégradabilité des films a été établie en milieu aérobie liquide en utilisant le test de Sturm modifié (MARQUIE, 1996).

Le gossypol se révèle intéressant

Le gossypol, naturellement présent dans les farines de coton *glanded*, se révèle finalement intéressant car il est un agent réticulant puissant, contribuant au renforcement des réseaux protéiques des matériaux.

L'ajout de fibres renforce les propriétés mécaniques des films

Des études supplémentaires ont montré qu'il est possible d'incorporer des fibres de coton cardées dans le réseau protéique (MARQUIE, 1996). Les films adoptent alors un comportement proche de celui d'un film bicouche bénéficiant des propriétés propres de chaque polymère (cellulosique et protéique).

Les recherches à venir : lever certains verrous technologiques

Les recherches sur l'utilisation des graines de cotonnier à des fins alimentaires ou filmogènes ont fait l'objet de thèses et de brevets ; il convient désormais de les valoriser en conditions réelles. Par exemple, il s'agit de passer de l'étape de faisabilité de la fabrication de films protéiques biodégradables au laboratoire (procédé *casting*) au stade industriel (procédé par extrusion ou autre) avec des partenaires français ou étrangers. Diverses utilisations sont ciblées : films de paillage agricole, enrobage de graines, sacs...

La graine de cotonnier *glandless* dans l'alimentation traditionnelle au Bénin

Catherine MARQUIE



Les graines de cotonnier sans gossypol, dit *glandless*, avec leurs protéines de qualité et leurs lipides, sont hautement nutritives.

Ce type d'aliment, produit localement et d'un prix de revient peu élevé supplée de façon équilibrée un régime alimentaire de base riche en glucides et déficitaire en protéines, comme c'est souvent le cas en Afrique.

Au Bénin, le Centre d'action régionale pour le développement rural de l'Atacora développe des activités de formation de groupements villageois sur ce thème. Les étapes de la transformation artisanale et culinaire des graines de cotonnier *glandless* sont conduites par les femmes : concassage, vannage, tri des amandes et préparation de différents plats utilisant les amandes grillées ou leurs brisures, la farine, le tourteau et l'huile.

Documenté et attrayant (photographies en couleurs, recettes culinaires), c'est un outil pratique pour les sociétés de développement, les entreprises agro-alimentaires, les groupements villageois et les services pédiatriques.

A commander à la librairie du Cirad
TA 283/04, avenue Agropolis,
34398 Montpellier cedex 5, France
tél : 33 (0)4 67 61 44 17 ; fax 33 (0)4 67 61 55 47
Email : librairie@cirad.fr ; internet : www.cirad.fr

Bibliographie générale

BACHELIER B., 1998. Contribution à l'étude de la variabilité et du déterminisme génétique de la teneur en fragments de coque de la fibre de coton. Premières applications pratiques en sélection chez *Gossypium hirsutum* L. Thèse de doctorat, Ensa, Rennes, France, 271 p.

BOURÉLY J., HAU B., 1991. Le cotonnier sans gossypol, source d'huile et de protéines pour l'alimentation humaine, bilan de cinq années de recherches, Supplément à Coton et Fibres Tropicales, série Documents et Synthèses 12, 68 p.

DREAN J.-Y., KRIFA M., GOURLOT J.-P., 1998. Débris de coques en filature. L'industrie Textile 1 295 : 33-35.

FRYDRYCH R., HEQUET E., BRUNISSEN C., 1995. A high speed stickiness detector: relation with the spinning process. In Proceedings of Beltwide Cotton Conference, San Antonio, Texas, Etats-Unis. Volume 2: 1 185-1 189.

FRYDRYCH R., 1996. Contribution à l'étude du collage des cotons au moyen de méthodes mécaniques et thermomécaniques. Thèse de doctorat, université de Haute-Alsace, France, 200 p.

GOURLOT J.-P., HEQUET E., 1994. Recherche cotonnière : comment utiliser les chaînes HVI en amélioration variétale ? Agriculture et développement 2 : 39-43.

GOURLOT J.-P., FRYDRYCH R., HEQUET E., THOLLARD F., CONSTANTIN O., BACHELIER B., 1995. Seed coat fragment counting and sizing in card web. In Proceedings of the Beltwide Cotton Conference, San Antonio, 2-8/01/1995. Volume 2, 1245-1249.

HEQUET E., FRYDRYCH R., 1992. Sticky cotton from plant to yarn. In Proceedings of International on Cotton Testing Methods of ITMF, Brème, Allemagne Appendix 46: 3-19.

KRIFA M., GOURLOT J.-P., FRYDRYCH R., 1998. Identification et comptage des fragments de coque sur voile de cardé et sur fil par analyse d'image. In Actes des journées coton du Cirad-ca, Montpellier, France, 20-24 juillet 1998, p. 73-81. Cirad, Montpellier, France.

LANÇON J., 1996. Le cotonnier glandless : 350 000 hectares en 1994. Agriculture et développement 9 : 3-12.

MARQUIÉ C., 1987. Utilisation alimentaire des dérivés des cotonniers sans gossypol. Coton et Fibres Tropicales 42 (1) : 65-73.

MARQUIÉ C., 1994. Les cotonniers glandless, source d'huile et de protéines de grande valeur pour l'alimentation humaine et animale. Rapport final CIRAD-CA-CEE N° TS2-A-0245F (CD), 102 p.

MARQUIÉ C., 1996. Mise au point et étude de films biodégradables réalisés avec des farines de graines de cotonniers. Thèse de doctorat, USTL, Montpellier, France, 193 p.

MARQUIÉ C., AYMARD C., CUQ J.L., GUILBERT S., 1995. Biodegradable packaging made from cottonseed flour: formation and improvement by chemical treatments with gossypol, formaldehyde, and glutaraldehyde. Journal of Agricultural and Food Chemistry 43 (10): 2762-2767.

MARQUIÉ C., TESSIER A.M., AYMARD C., GUILBERT S., 1997. HPLC determination of the reactive lysine content of cottonseed protein films to monitor the extent of cross-linking by formaldehyde, glutaraldehyde, and glyoxal. Journal of Agricultural and Food Chemistry 45 (3): 922-926.

MARQUIÉ C., TESSIER A.M., AYMARD C., GUILBERT S., 1998. How to monitor the protein cross-linking by formaldehyde, glutaraldehyde ou glyoxal in cotton-seed-protein-based films? Narhung 42 (3/5): 264-265.

PRICE J.B., 1987. The suitability of certain American cottons for the production of fin count rotor-spun yarn. Lubbock , Texas Tech University, Texas, Etats-Unis, 25 p.

YAO S.C., 1990. A study on the effect of raw cotton stickiness distribution on the spinnability. China Textile Institute, Taiwan, 8 p.



G. klotzschianum



G. barbadense



Résumé... Abstract... Resumen

J.-P. GOURLOT (éditeur scientifique) — **Recherche et développement en technologie : mesurer et améliorer la qualité des produits du cotonnier, créer de nouveaux débouchés.**

I. Introduction : la technologie, à la croisée du marché, de la production et de la transformation.

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

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

IV. La graine de cotonnier : une source potentielle de nouveaux produits alimentaires ou industriels.

Le cotonnier est une culture de pays du Nord et du Sud et son but principal est la production de fibre. La technologie cotonnière peut contribuer à la promotion de la fibre de coton des pays du Sud et proposer aussi des solutions pour la valorisation de la graine elle-même. La qualité se construit d'abord au champ : l'évolution du classement commercial de la fibre et les tendances du marché mondial œuvrent vers un renforcement des liens entre les acteurs des filières, les technologues, les agronomes et les spécialistes du coton pour étudier et optimiser les interactions entre le milieu, les modes de conduite de la culture et la qualité de la fibre. La fibre réclame des recherches cognitives, des procédés industriels et des appareillages de mesure spécifiques, d'autant plus que certaines caractéristiques de qualité deviennent aujourd'hui prioritaires sur le marché mondial. Le Cirad s'est orienté dans cette direction. Aujourd'hui, l'expertise acquise permet d'aider les pays producteurs à mieux réaliser le classement commercial de leur production de fibres afin d'en tirer les meilleurs prix. Quant à la graine, c'est un énorme potentiel de produits alimentaires et de matériaux nouveaux : valorisation des graines de coton dit *glandless*, sans pigment toxique (le gossypol) ; fabrication de films protéiques biodégradables. Qu'il s'agisse de fibre ou de graine, la technologie cotonnière est un domaine dont le contenu et la démarche suivent complètement l'actualité des filières et des industries transformatrices.

Mots-clés : coton, fibre, graine, gossypol, qualité technologique, procédé industriel, méthode de mesure.

J.-P. GOURLOT (scientific editor) — **Technology research and development: measuring and improving cotton product quality, creating new outlets.**

I. Introduction: technology, the interface between the market, production and processing.

II. Cottonseed processing stages: product standardization in response to market demand.

III. Cotton fibre: in-depth research for a highly organized commodity chain.

IV. Cottonseed: a potential source of new food or industrial products

Cotton is grown in both industrialized and developing countries, primarily for its fibre. Cotton technology has a role to play in promoting cotton fibre from developing countries and in proposing ways of using the seed itself. Quality begins in the field: the changes in commercial fibre classification and world market trends are prompting a strengthening of the links between stakeholders in the commodity chain, technologists, agronomists and cotton specialists with a view to studying and optimizing the interactions between the environment, cropping techniques and fibre quality. Specific cognitive research, industrial processes and measuring equipment are now required for cotton fibre, particularly as certain quality characteristics are now world market priorities, and CIRAD has moved in that direction. The experience acquired means that it is now in a position to help producing countries to optimize the commercial classification of their fibre so as to obtain the highest possible price. Cottonseed, for its part, has huge potential in terms of food products and new materials: using so-called glandless or toxic pigment (gossypol)-free cottonseed; producing biodegradable protein films, etc. For both fibre and seed, cotton technology is a field whose content and work methods closely follow trends in the commodity chain and processing industry.

Keywords: cotton, fibre, seed, gossypol, technological quality, industrial process, measurement method.

J.P. GOURLOT (editor científico) — **Búsqueda y desarrollo en tecnología: medir y mejorar la calidad de los productos del algodonero, crear nuevas salidas.**

I. Introducción: la tecnología, punto de encuentro del mercado, la producción y la transformación.

II. Las etapas de transformación del algodón semilla: homogeneizar los productos para pasar la selección del mercado mundial.

III. La fibra de algodón: investigaciones profundas para un sector muy organizado.

IV. Semilla de algodón: fuente potencial de nuevos productos alimentarios o industriales.

El algodonero es un cultivo de los países del Norte y del Sur y su principal objetivo es la producción de fibra. La tecnología algodonera puede contribuir a la promoción de la fibra y el algodón de los países del Sur y proponer también soluciones para la valorización de la semilla. La calidad empieza en el campo: la evolución de la clasificación comercial de la fibra y las tendencias del mercado mundial operan en el refuerzo de las relaciones entre los actores de la industria algodonera, tecnólogos, ingenieros agrónomos y especialistas del algodón para estudiar y optimizar las interacciones entre el medio, los modos de dirección del cultivo y la calidad de la fibra. La fibra necesita investigaciones cognoscitivas, procedimientos industriales y equipos de medida específicos, esto es tanto más necesario cuanto que ciertas características de calidad son hoy prioritarias en el mercado mundial. El CIRAD encaminó sus esfuerzos en esta dirección. Actualmente, gracias a la experiencia adquirida, podemos ayudar a los países productores para que realicen mejor la clasificación comercial de su producción de fibras y que obtengan los mejores precios. Con respecto a la semilla, es un enorme potencial de productos alimentarios y de nuevos materiales: valorización de semillas de algodón llamadas *glandless* sin pigmento tóxico (gossypol); fabricación de películas proteicas biodegradables. Se trate de fibra o semilla, la tecnología algodonera es un campo en el que el contenido y la iniciativa siguen fielmente la actualidad del sector y de las industrias transformadoras.

Palabras clave: algodón, fibras, semilla, gossypol, calidad tecnológica, procedimiento industrial, método de medida.



G. thurberi