



Comment lutter contre la contamination de l'arachide par les aflatoxines ?

Expériences conduites au Sénégal

Les produits arachidiers sont des aliments de base en Afrique, où ils sont à juste titre, très appréciés pour leurs hautes valeurs nutritive et gustative. Les populations sont donc très exposées au risque de l'aflatoxine, substance toxique produite par des moisissures. Avec le durcissement des normes européennes pour l'exportation d'arachide de bouche, la lutte contre l'aflatoxine, déjà nécessaire, devient incontournable.

Introduction

Les aflatoxines produites par des moisissures du genre *Aspergillus* (*A. flavus* et *A. niger*) sont des mycotoxines susceptibles de contaminer les graines d'arachide avant, pendant ou après la récolte. Elles peuvent également contaminer d'autres graines, en particulier le maïs, ainsi que les fruits à coques et les fruits séchés.

La contamination des récoltes d'arachide et de maïs par les aflatoxines a d'importantes conséquences défavorables sur la santé humaine et animale (MILLER, 1996 ; LUBULWA et DAVIS, 1995 ; RAMJEE, 1995). Les aflatoxines s'attaquent principalement au foie (KEENAN et SAVAGE, 1994 ; COKER, 1996). Les intoxications aiguës provoquent des lésions ou des dysfonctionnements du foie et peuvent être fatales à court terme (HALL et WILD, 1994 ; MARASAS, 1993 cité par MILLER, 1996). L'implication des aflatoxines dans les cancers du foie chez

l'homme, par intoxication chronique, est désormais bien établie (International Agency for Research on Cancer, 1993, cité par MILLER, 1996).

Au Sénégal, où l'arachide de bouche représente une production importante pour l'exportation, l'Isra et l'Irho, puis le Cirad travaillent depuis les années 70 sur les conditions de contamination des graines, sur les mesures agronomiques de prévention et sur les mesures technologiques de gestion de l'aflatoxine.

La contamination de l'arachide par les aflatoxines

Les aflatoxines

L'aflatoxine a été découverte en 1960 en Angleterre, suite à l'empoisonnement massif de dindes nourries avec du tourteau d'arachide

J. MARTIN,

TA 72/09

Cirad-ca, avenue Agropolis, 34398
Montpellier Cedex 5, France
jose.martin@cirad.fr

A. BA

Station Isra Cedex, BP 53, Bambey, Sénégal

P. DIMANCHE

TA 70/16

Cirad-ca, 75 rue Jean-François Breton, 34398
Montpellier Cedex 5, France
philippe.dimanche@cirad.fr

R. SCHILLING

TA 70/01

Cirad-ca, avenue Agropolis, 34398
Montpellier Cedex 5, France
robert.schilling@cirad.fr



Culture d'arachide de bouche. (P. Dimanche)



Récolte d'arachide au Sénégal. (P. Dimanche)

(WILSON, 1995). Différentes aflatoxines sont produites par des champignons saprophytes du genre *Aspergillus*, se développant sur de nombreux produits tels que l'arachide, le maïs, le coton, ainsi que divers fruits à coques et fruits séchés.

Il y a quatre aflatoxines majeures (B1, B2, G1 et G2), les formes B étant 10 à 50 fois plus toxiques que les formes G. L'aflatoxine B1 est la plus toxique et la plus cancérigène. Les aflatoxines M1 et M2 sont des dérivés des aflatoxines B1 et B2 (WILSON, 1995). L'aflatoxine M1 se retrouve dans le lait lorsque le régime alimentaire est régulièrement contaminé par l'aflatoxine B1 (COKER, 1996).

Deux espèces d'*Aspergillus* sont principalement responsables de la production d'aflatoxines en conditions naturelles : *A. flavus* et *A. niger*. Ces deux espèces sont présentes partout dans les régions tropicales et subtropicales. Leur inoculum multiforme (conidies, sclérotés et fragments de mycélium dans les débris végétaux) est abondant dans le sol et dans l'air.

La toxine étant éliminée de l'huile au cours des opérations de raffinage, ou du tourteau lors du traitement de détoxification par ammonisation, le problème de la toxicité persiste pour les produits bruts ainsi que les produits consommés en l'état (graines d'arachide de bouche et pâtes artisanales). De ce fait, le risque sanitaire

est particulièrement important dans les pays producteurs du Sud où la consommation porte essentiellement sur des produits bruts susceptibles de contenir des taux élevés d'aflatoxines.

Les conditions de contamination des graines d'arachide

Les aflatoxines sont des molécules à structure polycyclique qui seraient associées au métabolisme de la reproduction des *Aspergillus* aflatoxinogènes (ROUZIÈRE, 1996). L'infection et la colonisation des graines d'arachide par un champignon aflatoxinogène sont des conditions nécessaires mais pas toujours suffisantes à leur contamination, c'est-à-dire à la production d'aflatoxine dans les graines. Celle-ci peut intervenir avant la récolte, dans le sol, ou après la récolte, pendant le séchage et le stockage. L'humidité de la graine et de l'air et la température sont les principaux facteurs environnementaux régissant la production d'aflatoxines. La colonisation n'est possible que lorsque les graines ont une teneur en eau comprise entre environ 10 % et 35 %. Pour des graines entreposées à 30 °C, une humidité relative de l'air supérieure à 84 ± 1 % est nécessaire (WILSON, 1995). Bien que la croissance du champignon soit possible entre 13 et 41 °C (BA, 1990), une

plage restreinte de températures, entre 25 et 32 °C, est nécessaire pour qu'il y ait une production d'aflatoxines (COKER, 1996). En conditions favorables, celle-ci peut avoir lieu dès le quatrième jour après l'infection fongique (ROUZIÈRE, 1996).

Contamination avant la récolte : sécheresse et parasitisme

De nombreux travaux réalisés dans les années 80 ont montré que les graines peuvent être infectées par *Aspergillus* dans le sol en l'absence de dégât apparent sur les gousses (KEENAN et SAVAGE, 1994). Cependant, lorsque les conditions environnementales sont favorables à la croissance de la plante, l'infection de la graine par le champignon n'aboutit généralement pas à sa colonisation. Des contaminations avant la récolte sont néanmoins possibles, en particulier lorsqu'une longue sécheresse de fin de cycle assèche et réchauffe le sol (COLE et al., 1995). Les graines immatures sont les plus exposées à la contamination (COLE et al., 1995). En effet, ce sont les dernières gousses formées qui sont prioritairement freinées, voire arrêtées dans leur développement lorsque le stress hydrique s'intensifie au sein de la plante.

De même, les réactions de défense des plantes ne peuvent empêcher la



colonisation lorsque les graines subissent dans le sol une forte infection fongique à la suite d'attaques d'insectes ou de myriapodes ou de lésions d'instruments aratoires. Les graines endommagées sont particulièrement sensibles à la contamination par les aflatoxines dans une large gamme de température et d'humidité du sol (WILSON, 1995).

La sécheresse augmente l'incidence des ravageurs telluriques sur le degré de contamination des récoltes d'arachide. D'une part, les plantes stressées sont, d'une manière générale, plus sensibles aux attaques. D'autre part, l'activité des ravageurs telluriques est généralement accrue en conditions sèches et chaudes (WILSON, 1995). C'est le cas des termites, importants déprédateurs de l'arachide en Afrique, dont les dégâts augmentent naturellement à mesure que les gousses mûrissent, et deviennent plus importants en cas de stress hydrique terminal (LOGAN, 1996). Les insectes servant de vecteurs aux *Aspergillus* infectieux, la scarification des gousses par les termites — même sans dégât direct sur les graines — augmente le taux de graines infectées et les risques ultérieurs de contamination.

Ainsi, il apparaît que les sécheresses de fin de cycle accroissent directement et indirectement les risques de contamination des graines d'arachide avant la récolte, car les proportions des deux catégories de graines

les plus exposées augmentent : d'une part, les gousses immatures, d'autre part, les gousses attaquées par les termites.

Contamination après la récolte : séchage et stockage

En climat soudano-sahélien où la température moyenne est d'environ 30 °C, la teneur en eau des graines, variable après le déterrage des gousses, doit être ramenée à 10 à 12 % d'humidité en moins de quatre jours pour éviter la production d'aflatoxine. Pour s'affranchir de tout risque ultérieur et stabiliser le produit, la teneur en eau doit encore être abaissée à 6 ou 8 % (ROUZIERE, 1996 ; COKER, 1996). Un séchage rapide est donc nécessaire pour éviter de nouvelles contaminations après le déterrage des arachides.

L'arachide est un produit relativement hygroscopique pouvant se réhydrater pendant le stockage. Une reprise d'humidité suffisante conduit généralement au développement de moisissures du genre *Aspergillus* largement présentes dans l'inoculum du stock d'arachide. La réhydratation des arachides peut intervenir à partir de l'eau atmosphérique ou par transfert de vapeur d'eau au sein du stock entre les points chauds et froids (ROUZIERE, 1996 ; COKER, 1996). A 30 °C, avec une teneur en eau de 6 à 8 % pour des graines ou

de 10 à 11 % pour des gousses, les arachides ne se réhydratent pas, tant que l'humidité relative de l'atmosphère reste inférieure à 84 % (WILSON, 1995)

L'activité biologique des insectes et des rongeurs au sein du stock favorise également la reprise d'humidité (COKER, 1996 ; WILSON, 1995). Les insectes susceptibles de s'attaquer à l'arachide pendant le séchage (termites, punaises, bruches, etc.) sont des facteurs d'augmentation de la contamination, particulièrement ceux qui sont capables de proliférer ultérieurement pendant le stockage, telle la bruche de l'arachide *Caryedon serratus*.

Importance de la contamination des récoltes

Les premières évaluations réalisées en Afrique de l'Ouest situaient les degrés de contamination des récoltes par l'aflatoxine entre 100 et 300 microgrammes par kilogramme d'arachide (Irho, 1973). Les possibilités de gestion de l'aflatoxine de l'arachide par des méthodes physiques — séparation de la récolte en lots sains et contaminés par tri manuel des gousses ou des graines réalisé par les paysans — ont été testées au Mali, au Niger et au Sénégal en 1972. D'après les résultats il est conseillé de pratiquer l'égoussage en vert pour l'arachide de bouche.

Séchage de la récolte en moyettes. (P. Dimanche)



Séchage de stabilisation en meule. (P. Dimanche)



Malgré des teneurs très élevées en aflatoxine, les résultats des essais de 1972 (BOCKELEE-MORVAN et GILLIER, 1974) montrent que la contamination des lots d'arachide provient essentiellement des gousses et des graines défectueuses (tableaux 1

et 2). En particulier, les graines présentant une coloration anormale du tégument séminal (sombre ou auréolé) se sont révélées fortement contaminées malgré l'absence de dégâts visibles de champignons ou de ravageurs.

Tableau 1. Contribution des différentes catégories de gousses à la contamination d'un lot d'arachide par l'aflatoxine.

Catégorie de gousses	Quantité de gousses (% du poids total de gousses)	Teneur relative en aflatoxine ⁽¹⁾ (µg aflatoxine / kg graines)	Quantité d'aflatoxine (% quantité totale d'aflatoxine)
Gousses tout venant non triées (lot initial)	100	1 000	100
Bonnes gousses	73	240	17
Gousses fendues, brisées, à bouts noirs, etc.	17,5	1 880	33
Gousses rongées (termites)	5,5	2 170	12
Gousses percées	4	8 900	38

(1) teneur exprimée relativement à celle du lot non trié, centrée à 1 000 µg d'aflatoxine / kg de gousses.
Moyennes établies à partir de 9 essais de tri sur des gousses réalisés au Mali, au Niger et au Sénégal, sur des lots de 50 à 400 kg de la récolte de 1972 (BOCKELEE-MORVAN et GILLIER, 1974).

Tableau 2. Contribution des différentes catégories de graines à la contamination d'un lot d'arachide par l'aflatoxine.

Catégorie de graines	Quantité de graines (% du poids total de graines)	Teneur relative en aflatoxine ⁽¹⁾ (µg aflatoxine / kg graines)	Quantité d'aflatoxine (% quantité totale d'aflatoxine)
Graines tout venant non triées (lot initial)	100		100
Bonnes graines	69	(supposée nulle)	0
Graines cassées, dépelliculées	13	20	1
Graines ridées, immatures	12	80	3
Graines à couleur anormale	3	900	8
Graines moisies	4	7 400	88

(1) teneur exprimée relativement à la moyenne du lot de graines défectueuses, centrée à 1 000 µg d'aflatoxine / kg de graines.
Moyennes établies au Sénégal en 1972 à partir de 2 lots d'arachide d'huilerie et de 2 lots d'arachide de bouche (BOCKELEE-MORVAN et GILLIER, 1974).



Développement d'*Aspergillus flavus* sur des gousses lors d'un stockage de récolte trop humide. (P. Dimanche)

Dans un essai industriel réalisé en 1985 au Sénégal, l'application raisonnée de techniques de séparation dimensionnelle et densimétrique avant et après décorticage, puis de tri électrocolorimétrique des graines a permis de réduire la contamination des lots de graines d'une valeur initiale de 150 microgrammes à moins de 10 microgrammes par kilogramme d'arachide, au prix de la mise à l'écart de 30 % des graines (ROUZIERE, 1996). Ces valeurs correspondent à la qualité moyenne d'une récolte obtenue en année moyenne, en l'absence de sécheresse sévère de fin de cycle.

Des données récentes obtenues aux Etats-Unis dans des conditions de production tout à fait différentes avec des lots d'arachide beaucoup moins contaminés (WHITAKER et al., 1998) confirment et précisent les résultats précédents quant à la contribution des différentes catégories des graines à la contamination des lots d'arachide (tableau 3) : les graines endommagées, puis dans une moindre mesure les graines immatures, sont responsables de l'essentiel de la contamination des lots d'arachide. Les graines saines et mures sont très peu contaminées



Tableau 3. Analyse de la contamination par l'aflatoxine de lots d'arachide produits aux Etats-Unis.

Catégorie de graines	Poids des graines (% poids total de graines)	Teneur en aflatoxine (μg aflatoxine / kg graines)	Intensité de contamination (1) (% quantité totale d'aflatoxine dans le lot initial)
Lot initial livré par le producteur	100	2,79	100
Bonnes graines et demi-graines	82	0,23	7
Graines ridées et immatures	9	2,54	8
Graines à l'état libre avant décorticage	8	11,77	33
Graines endommagées	2	69,77	52

Moyennes établies à partir de 120 lots contaminés échantillonnés à raison de 5 prélèvements de 2 kg par lot (WHITAKER *et al.*, 1998).

par l'aflatoxine — mais non indemnes — avec des teneurs inférieures à 1 microgramme par kilogramme d'arachide. Ainsi, la quantité d'aflatoxine contenue dans un lot d'arachide non trié peut être très précisément prédite à partir de la quantité d'aflatoxine contenue dans les catégories à risques, c'est-à-dire le cumul des produits du poids des graines de chaque catégorie par leur concentration en aflatoxine (WHITAKER *et al.*, 1998). Les catégories à risques sont les graines ridées ou immatures, les graines libres avant le décorticage et les graines avariées, les plus contaminées.

Les mesures agronomiques de prévention

Un criblage strict des lots de gousses et de graines d'arachide est indispensable pour obtenir des lots d'arachide valorisables à l'exportation, sous forme de produits de bouche. Si l'élimination des graines les plus endommagées permet d'abaisser

considérablement le niveau de contamination, elle ne suffit pas à l'abaisser en dessous des seuils actuellement exigés par les importateurs européens.

Pour parvenir à un niveau acceptable, de l'ordre du microgramme par kilogramme de graines, le tri doit être extrêmement sévère et tout à fait exhaustif. L'efficacité et le coût de réalisation des opérations de tri sont donc fortement tributaires de la qualité de l'arachide récoltée. Il est donc important d'abaisser au maximum le degré de contamination de la matière première, par une stratégie de lutte intégrée contre l'aflatoxine, tout au long de la chaîne d'élaboration du rendement et de la qualité de l'arachide, avant, pendant et après la récolte.

La voie de l'amélioration variétale

Les travaux de sélection variétale ont débuté il y a plus de vingt ans, et n'ont pas encore abouti à la vulgarisation de variétés commerciales suffisamment résistantes à la contamination par les aflatoxines (CLAVEL,

1995). La difficulté tient à la multiplicité des paramètres de résistance : trois étapes pour l'agression (l'infection, puis la colonisation par *A. flavus* et *A. parasiticus*, et enfin la contamination d'aflatoxines), trois niveaux de protection (la coque, le tégument séminal, ou la graine elle-même) avec ou sans lésions physiques et deux périodes possibles pour la contamination (avant la récolte dans le sol, ou après pendant le séchage ou le stockage).

Cependant, plusieurs génotypes présentant un bon niveau de résistance à l'infection et la colonisation par *A. flavus* ou à la production d'aflatoxine ont été identifiés par l'Icrisat (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), en Inde et au Sénégal (SINGH *et al.*, 1997). Actuellement, plusieurs descendances résistantes issues du programme de sélection de l'Icrisat sont en cours d'évaluation en Afrique de l'Ouest (WALIYAR et NTARE, 1998 ; MAYEUX, 1998). Trois variétés africaines leur servent de témoin, car elles présentent un degré de résistance relativement bon : la variété 55-437, suivie de la variété 73-30 et de la variété 73-33. Largement diffusée et cultivée dans les régions sahéliennes depuis plusieurs décennies, la variété 55-437 sert de témoin pour l'adaptation à la sécheresse et pour la résistance aux aflatoxines.

Actuellement, au Sénégal, l'amélioration variétale de l'arachide vis-à-vis de l'aflatoxine est intégrée au programme régional d'adaptation à la sécheresse (CLAVEL, 1997). En effet, des résultats probants obtenus aux Etats-Unis montrent que les faibles niveaux de résistance à la sécheresse sont corrélés à des degrés élevés de contamination avant la récolte (COLE *et al.*, 1995).

La prévention en culture pluviale

Réduire la contamination des arachides dans la terre revient donc à minimiser le stress hydrique en fin de cycle et les dégâts d'insectes (ou mécaniques) sur les gousses. En per-

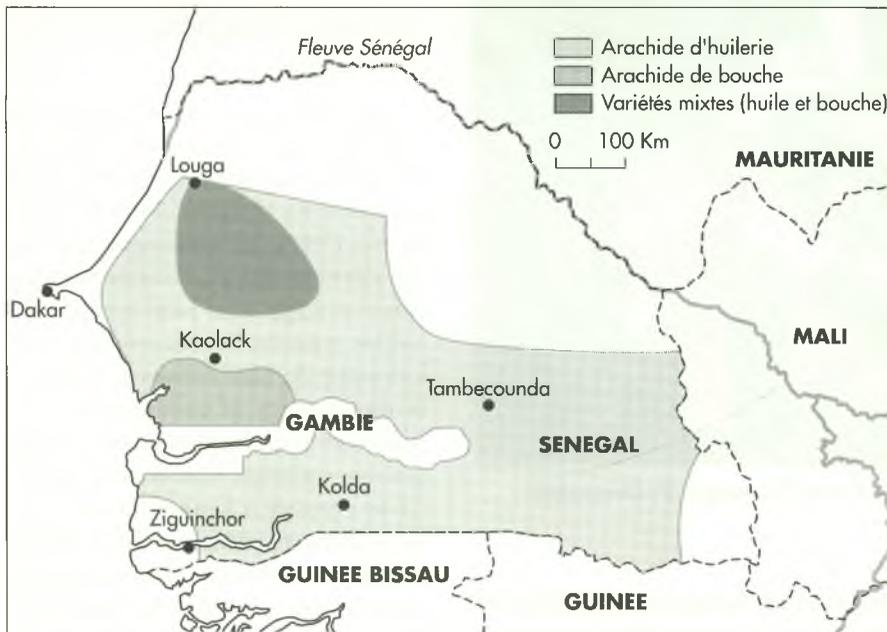


Figure 1. Les principales zones de culture de l'arachide au Sénégal.

Méthodes industrielles et artisanales d'élimination des aflatoxines

Contrôle de la contamination de l'arachide de bouche exportée

Au Sénégal, l'essentiel de l'arachide de bouche exportée vers l'Europe est produite par des agriculteurs du sud du bassin arachidier liés par contrat à un opérateur agro-industriel (figure 1). Celui-ci assure la fourniture à crédit des intrants agricoles, l'encadrement des producteurs, l'achat et la collecte de la récolte, puis le conditionnement de la fraction exportable. Actuellement, l'arachide est achetée aux producteurs en coques non triées, battues en sec, puis elle est vendue aux importateurs en graines calibrées et triées non blanchies (non débarrassées de leur pellicule). La teneur en aflatoxine et l'homogénéité en taille, en forme et en couleur des graines au sein d'un lot sont des critères très importants pour le négoce international. L'usinage consiste donc à décortiquer, sélectionner, contrôler et ensacher les graines conformément aux normes commerciales et sanitaires.

Les techniques de gestion de l'aflatoxine appliquées durant le procédé de conditionnement de l'arachide de bouche consistent à écarter les gousses ou les graines susceptibles de contenir la toxine. Le triage commence à l'achat des arachides, se poursuit lors de l'usinage proprement dit, puis est sanctionné par un contrôle de qualité préalable au conditionnement définitif des produits finis prêts pour l'exportation. Les écarts de tri sont dirigés vers l'huilerie industrielle.

mettant d'affranchir la culture de toute sécheresse terminale, l'irrigation — bien conduite — représente la meilleure solution pour prévenir les problèmes de contamination avant la récolte (HORN et PITT, 1997). Or, en Afrique, l'arachide demeure en majeure partie une culture pluviale paysanne, donc non irriguée. La précocité de maturité, soit pour éviter la sécheresse, soit pour réduire ses effets en évitant la déshydratation est un autre moyen de prévenir la contamination avant la récolte. Une récolte précoce permet en outre de réduire l'exposition des gousses aux ravageurs dans le sol. Précocité et maturité groupée sont donc les objectifs à rechercher en culture pluviale à faible niveau d'intrants pour réduire les risques de stress hydrique terminal et de contamination avant la récolte.

Toutes les étapes de l'itinéraire technique, telles que l'installation de la culture, son entretien, sa fertilisation ou sa protection, ont une incidence sur les critères d'élaboration de la production et de sa qualité :

– le choix variétal permettra de faire coïncider au mieux le cycle de la

culture avec la durée de la saison des pluies ;

– la qualité des semences (pureté variétale, pouvoir germinatif), leur emploi à bon escient (densité et profondeur de semis) et le traitement fongicide-insecticide de ces semences permettront une bonne installation de la culture ;

– outre le désherbage mécanique, la fertilisation organo-minérale et la protection des gousses contre les ravageurs risquent d'accroître la vigueur des plantes au départ et de favoriser l'installation d'une production abondante, précoce et groupée, et *in fine* la qualité technologique et sanitaire de la récolte ;

– la récolte à bonne maturité, le traitement séparé des gousses restées en terre, le séchage rapide et la protection des meules et des lots contre les reprises d'humidité permettront de limiter la contamination.

Le respect des recommandations générales de culture constitue, en soi, la meilleure prévention de l'infestation au stade de la production au champ.



Tri au tas des graines d'arachide d'exportation à Kaolack, Sénégal. (P. Dimanche)

L'achat de l'arachide de bouche

Sur les centres d'achat, la récolte de chaque agriculteur est nettoyée sommairement par un passage au crible avant d'être pesée. Les déchets de petit calibre (petites gousses, fragments de coques, graines libres et corps étrangers tels que le sable ou les fragments de tiges) sont ainsi éliminés, mais cela ne suffit pas à améliorer significativement la qualité de la récolte. En revanche, l'utilisation de tarares à moteur, plus onéreuse, permet d'éliminer, par différence de densité, les gousses vides ou mal remplies, dont les graines sont en général avariées et donc fortement contaminées. Pratiquée systématiquement au Sénégal pour la collecte des semences d'arachide de bouche — livrées ultérieurement aux producteurs en coques —, l'utilisation du tarare pourrait être généralisée sur les centres d'achat ou appliquée à l'entrée de l'usine. Cependant, compte tenu du nombre très élevé de centres d'achat, les investissements impliqués sont coûteux.

La densité des arachides en gousses est bien corrélée avec la qualité de remplissage et de maturité de ces dernières, autorisant, pour une variété donnée, une différenciation des prix selon la densité (bonne, moyenne, faible). Cependant, les trois catégories n'étant pas usinées séparément, ce système d'achat n'est plus

pratiqué au Sénégal depuis plus de vingt ans, en raison des contraintes liées à son application. La mise en place d'une politique d'achat en fonction de la qualité suppose donc qu'en aval, l'usinier puisse gérer séparément les catégories de qualité différente collectées. Les produits de la meilleure qualité, obtenus par ségrégation densimétrique précédée de nettoyages soigneux, présentent en général une qualité sanitaire très acceptable.

Machine de tri électrocolorimétrique des arachides à Kaolack, Sénégal. (P. Dimanche)



L'usinage des graines de bouche

Le nettoyage, le décortiquage et le calibrage des graines sont des opérations entièrement mécanisées dans les chaînes d'usine (DIMANCHE et al., 1997). Le nettoyage élimine les derniers corps étrangers et un pourcentage non négligeable de petites gousses. Le décortiquage et le calibrage doivent préserver l'intégrité des graines et sont réalisés par plusieurs passages en cascade. Les graines calibrées sont ensuite triées. Ce tri consiste à éliminer d'une part, les graines abîmées par des bruches d'autres ravageurs d'importance secondaire pendant le stockage, d'autre part, toutes les graines avariées, ridées ou de couleur anormale, et donc susceptibles d'être contaminées par les aflatoxines.

Les opérations de tri, réalisées manuellement pour l'essentiel, sont parfois complétées par un tri électrocolorimétrique entièrement automatisé. Il consiste à faire éliminer par une cellule photoélectrique toutes les graines de couleur anormale par rapport à la couleur standard de la variété. L'efficacité de ce mode de tri est cependant fortement conditionnée par la régularité de la couleur et de taille des graines à trier. Les performances de la machine seront considérablement réduites en cas de mélange variétaux (multiplication des paramètres de sélection) ou de mauvais calibrage préalable (différence de défilement gravitaire devant la cellule de lecture). Ce mode de tri ne se révèle donc valable que pour des graines homogènes en taille et en couleur.

La décontamination des produits issus de transformation artisanale

Dans le secteur traditionnel, dit informel, l'arachide est valorisée sous différentes formes : produits de grignotage et pâte d'arachide d'une part, graines triées, huile artisanale et tourteaux de presse d'autre part.

Projet sénégalais de relance de l'arachide

L'Etat du Sénégal s'est engagé, de 1999 à 2002, dans un projet de recherche-développement qui s'inscrit dans le cadre du programme de relance de la filière arachide, en partenariat avec l'Union européenne, sur les fonds Stabex. L'Institut sénégalais de recherches agricoles (Isra) assure les recherches sur les variétés, sur la fertilisation, sur la défense des cultures, etc. La diversification en arachide de bouche est confiée à l'Institut de technologie alimentaire (Ita, Sénégal) et au Cirad. Le projet a débuté avec le Comité national interprofessionnel de l'arachide.

Diversification en arachide de bouche

Après plus de quarante ans de priorité à la culture de l'arachide d'huilerie, le Sénégal opte officiellement pour le développement de la production de l'arachide de bouche, spéculation beaucoup plus rémunératrice pour le paysan et qui ne remet pas complètement en cause l'industrie huilière puisque seule la fraction noble des graines (30 à 50 %) peut bénéficier du label arachide de bouche. Le Sénégal rejoint ainsi les Etats-Unis et l'Argentine, pays où la priorité est donnée à l'arachide de bouche et où seuls les écarts de triage servent à alimenter les huileries. Ce choix est économiquement rentable du fait qu'à l'exportation, le prix d'un

kilogramme d'arachide de bouche (de qualité) équivaut à celui d'un kilogramme d'huile brute.

Le Sénégal vise le marché d'exportation de l'Union européenne, le plus porteur (500 000 tonnes de base graine par an) et le plus rémunérateur. Les productions doivent donc répondre aux nouvelles normes sanitaires de celui-ci, en matière d'aflatoxine.

Le Cirad est chargé de promouvoir la culture de l'arachide de bouche (en différents types de graines) en deux modes de culture, pluviale et irriguée, en vue d'obtenir des produits répondant aux normes sanitaires de l'Union européenne ou pouvant être acceptés par des transformateurs secondaires (pâtes d'arachide, graines blanchies, produits snacks) susceptibles de développer ces procédés au Sénégal.

Il a pour mission principale de développer des techniques préventives permettant d'éviter ou de limiter le développement de l'aflatoxine en amont de la filière de production. Les actions de recherche portent sur le choix des sites de culture, l'adaptation des variétés aux conditions pédo-climatiques, l'irrigation, les itinéraires techniques de culture, les techniques de récolte, de séchage et d'achat à la qualité. En aval de la filière, des travaux de recherches portent sur

l'amélioration des techniques de tri manuel et électrocolorimétrique des graines à commercialiser.

Un laboratoire de certification

En outre, le projet met en place un plan de contrôle de la qualité physique et sanitaire des graines, avec l'implantation à l'Ita d'un laboratoire national de contrôle et de certification dont la mission consiste à délivrer le label « arachide de bouche du Sénégal » aux produits d'exportation répondant aux nouvelles normes aflatoxine de l'Union européenne. Les laboratoires français d'analyse chimique WOLFF, qui participent à la mise en place du laboratoire sénégalais, sont chargés d'obtenir les accréditations européennes nécessaires à la reconnaissance des analyses réalisées à Dakar. Le Cirad assure la meilleure cohérence possible entre les techniques préventives durant la culture, les techniques curatives en usine et le plan de contrôle et de certification en laboratoire.

Ce projet de maîtrise de la qualité de l'arachide de bouche tout au long de la filière constitue une démarche totalement innovante et constitue un modèle unique sur une filière alimentaire végétale en Afrique de l'Ouest.

L'huile artisanale sénégalaise est toujours plus contaminée (environ dix fois plus) que l'huile industrielle brute ou que l'huile artisanale extraite après un passage au four sans étuvage, comme en Inde. Elle comporte en effet de nombreuses particules hydratées, les « pieds », qui peuvent contenir d'importantes quantités d'aflatoxines. Quant au tourteau de presse, beaucoup utilisé en alimentation humaine, la réhydratation de la mouture lors de l'étuvage l'amène à une teneur en eau entraînant parfois une nouvelle colonisation par les moisissures.

Il existe des méthodes curatives pour réduire l'ampleur de la contamination des produits arachidières issus de

la transformation artisanale, vulgaires en l'état. D'autres méthodes demandent encore un effort de recherche.

L'utilisation du rayonnement solaire, par exemple, représente une technique de décontamination efficace, peu coûteuse et particulièrement bien adaptée à l'huile artisanale. L'aflatoxine devient indécélable après deux journées d'exposition au soleil de l'huile conditionnée en bouteilles de verre transparent, sans altération des paramètres physico-chimiques (KANE, 1995). Les bouteilles en plastique transparent permettent également de réduire considérablement la contamination. Cette

décontamination est bien attribuable au rayonnement solaire et non à la seule montée en température, car en dessous de 100 °C les aflatoxines sont très stables à la chaleur.

Une autre solution consiste à incorporer à l'huile des argiles susceptibles de complexer énergiquement les aflatoxines, telles que la bentonite ou l'attapulgit, dont un important gisement est exploité au Sénégal. Les potentialités de techniques simples de filtration et de décantation de l'huile mériteraient également d'être évaluées. Enfin, il serait opportun de tester d'autres types de presse à fort pouvoir d'extraction ne nécessitant pas d'étuvage.



Exportation
d'arachide
de bouche.
(P. Dimanche)

Conclusion

La plus grande sévérité des normes européennes concernant les teneurs en aflatoxines admises dans l'arachide de bouche, au-delà du défi qu'elles représentent pour les exportateurs africains, doit être l'occasion de prendre conscience du problème d'hygiène alimentaire et de santé publique que représente la consommation chronique de produits arachidières contaminés. La culture et la consommation de l'arachide ne sont

pas en cause, car cette culture et les produits issus de sa transformation sont remarquablement adaptés au contexte agricole et nutritionnel de l'Afrique subsaharienne. Il ne faut pas espérer de remède miracle au problème de l'aflatoxine, car l'agent causal est un champignon du sol essentiellement saprophyte, très ubiquiste dans le sol et l'air, et quelques graines contaminées suffisent à conférer à tout un lot une teneur significative en aflatoxine. L'atténuation progressive du problème de

l'aflatoxine ne pourra provenir que de l'intégration, à l'échelle de la filière, de plusieurs améliorations partielles : des mesures agronomiques de prévention pendant la culture et la récolte ; des méthodes ségréatives et de gestion différentielle des catégories de gousses et de graines à risque pendant le procédé de conditionnement des arachides de bouche ; une politique d'achat en fonction de la qualité avec un véritable contrôle de qualité ; des méthodes curatives pendant les procédés de transformation industrielle ou artisanale (huilerie, tourteaux d'extraction ou de presse, pâtes). Cette démarche de lutte intégrée doit donc associer la recherche agricole et agroalimentaire avec les secteurs industriel et artisanal. Elle doit faire une large place à l'information et la formation de tous les acteurs, producteurs, transformateurs et consommateurs. Le projet actuel de relance de l'arachide au Sénégal, promu par le gouvernement, orchestré par l'interprofession arachidière et soutenu par l'Union européenne devrait être l'occasion de s'engager délibérément dans cette voie.

Bibliographie

BA A., 1990. La problématique de l'arachide au Sénégal. *Arachide Infos* 3 (octobre 1990) 8-11. La lettre du Réseau Arachide Coraf, Cirad, Montpellier, France.

BOCKELEE-MORVAN A., GILLIER P., 1974. Essai d'élimination de l'aflatoxine de l'arachide par des méthodes physiques. *Oléagineux* 29 (11) : 513-516.

CLAVEL D., 1995. Un pari nécessaire : la sélection de variétés d'arachide résistantes à l'aflatoxine. *Arachide Infos* 6 (déc.1995) : 8-11. La lettre du Réseau Arachide Coraf, Cirad, Montpellier, France.

CLAVEL D., ANNEROSE D. J.-M., 1997. Sélectionner l'arachide pour l'adaptation à la sécheresse. *Agriculture et Développement* 14 : 61-64.

COKER R. D., 1996. Mycotoxins. *In* Groundnuts, second edition, Pests Control

Series, p. 335-348. Nri (ed.), Natural Resources, Chatham, Royaume-Uni.

COLE R. J., DORNER J. W., HOLBROOK C.C., 1995. Advances in mycotoxin elimination and resistance. *In* Advances in Peanut Science, p. 456-474. PATTEE H.E. et STALKER H.T. (eds.). Apres, Inc., Stillwater, OK 74078, Etats-Unis.

DIMANCHE P., SOW I., SALL A., 1997. La filière arachide de bouche : technologie post-récolte et valorisation des produits. *Agriculture et Développement* 14 : 12-21.

HORN B. W., PITT J. I., 1997. Yellow Mold and Aflatoxin. *In* Compendium of Peanut Diseases, second edition, p. 40-42. KOKALIS-BURELLE N., PORTER D. M., RODRIGUEZ-KABANA R., SMITH D. H., SUBRAHMANYAM. P. (eds.), APS Press, St Paul, Minnesota, Etats-Unis.

IRHO, 1973. Rapport annuel d'activité 1973. Elimination de l'aflatoxine par des méthodes physiques. Ministère du développement industriel et scientifique, Dgrst, Comité T.A.A., Convention

n° 72.7.07.87. Doc. Irho n° 1084. Cirad, Montpellier, France.

KANE A., BA DIOP N., DIACK T. S., 1993. Unrefined peanut oil, a source of human exposure to aflatoxins. *African Newsletter on occup. health and safety*, suppl. 2/93, 43-47.

KANE A., BA DIOP N., DIACK T.S., 1996. Removal of aflatoxin from crude peanut oil. Proceedings of the IX international lupac symposium of mycotoxins and phycotoxins. Rome, Italie, 27-31 Mai 1996.

KEENAN J. I., SAVAGE G. P., 1994. Mycotoxins in groundnuts, with special reference to aflatoxin. *In* The groundnut crop. A scientific basis for improvement, p. 509-551. SMARTT J. (ed.). Chapman & Hall, London, Royaume-Uni.

LOGAN J. W. M., 1996. Insects, millipedes and mites. *In* Groundnuts, second edition. Pests Control Series, p 153-294. Nri (ed.), Natural Resources, Chatham, Royaume-Uni.

LUBULWA G., DAVIS J., 1995. Estimating the social costs of the impacts of fungi and

aflatoxins in South-East Asia. *In* Proceedings of the Workshop on Mycotoxins in Foods in Africa, 6-10 Novembre, 1995, Cotonou, Bénin, p. 23. CARDWELL K.F. (ed.). Iita, Danina, Idrac, L.W. Lambourn & Co. Ltd., Croydon, Royaume-Uni.

MAYEUX A., 1998 (sous presse). Germplasm Groundnut Project. A paraître *In* Summary proceedings of the sixth regional groundnut meeting, Icrisat - Peanut Crisp - Coraf réseau arachide - Ggp, 5 - 8 octobre 1998, Bamako, Mali. WALYAR F. (ed.). Icrisat, Patancheru, Inde.

MILLER J. D., 1996. Mycotoxins. *In* Proceedings of the Workshop on Mycotoxins in Foods in Africa, 6-10 novembre 1995, Cotonou, Bénin, p. 18-22. CARDWELL K.F. (ed.). Iita, Danina, Idrac, L.W. Lambourn & Co. Ltd., Croydon, Royaume-Uni.

RAMJEE G., 1996. Aflatoxin, kwashiorkor, and morbidity. *In* Proceedings of the

Workshop on Mycotoxins in Foods in Africa, 6-10 novembre, 1995, Cotonou, Bénin, p. 26. CARDWELL K.F. (ed.). Iita, Danina, Idrac, L.W. Lambourn & Co. Ltd, Croydon, Royaume-Uni.

ROUZIERE A., 1996. La technologie post-récolte de l'arachide : situation, diagnostic et propositions. Rapport de mission au Sénégal, mars 1996. Isra, Cirad, Coraf-réseau arachide. Cirad, Montpellier, France, 72 p. + annexes.

SINGH A. K., MEHAN V. K., NIGAM S. N., 1997. Sources of resistance to groundnut fungal and bacterial diseases : an uptake and appraisal. Information bulletin n° 50. Icrisat, Patancheru, Inde, 44 p.

WALIYAR F., BA A., HASSAN H., BOUKONGOU S, BOSCH J. P., 1994. Sources of resistance to *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in groundnut genotypes in West Africa. Peanut Disease 78 (7) : 704-708.

WALIYAR F., NTARE B. R., 1998 (sous presse). Aperçu de la recherche sur l'aflatoxine à l'Icrisat. A paraître *In* Summary proceedings of the sixth regional groundnut meeting, Icrisat - Peanut Crisp - Coraf réseau arachide - Ggp, 5 - 8 octobre 1998, Bamako, Mali. WALYAR F. (ed.). Icrisat, Patancheru, Inde.

WHITAKER T. B., HAGLER W. M., GIESBRECHT F.G., DORNER J.W., DOWELL F.E., COLE R.J., 1998. Estimating aflatoxin in farmers' stock peanut lots by measuring aflatoxin in various peanut-grade components. *Journal of AOAC International*, 81 (1) : 61-67

WILSON D. M., 1995. Management of mycotoxins in peanut. *In* Peanut Health Management. Plant Health Management Series, p. 87-92. MELOUK H.A. ET SHOKES F.M. (eds.). APS Press, St Paul, Minnesota, Etats-Unis.

Résumé...Abstract...Resumen

J. MARTIN, A. BA, P. DIMANCHE, R. SCHILLING — **Comment lutter contre la contamination de l'arachide par les aflatoxines? Expériences conduites au Sénégal.**

Les aflatoxines, mycotoxines produites par deux champignons saprophytes du genre *Aspergillus*, sont susceptibles de contaminer les graines d'arachide avant, pendant et après la récolte. Les nouvelles normes européennes sur les teneurs en aflatoxines admises pour l'arachide de bouche, renforcées par des normes d'échantillonnage particulièrement drastiques, nécessitent des techniques de lutte efficaces au Sénégal, afin que ce pays puisse poursuivre ses exportations sur le marché rémunérateur de l'Union européenne. Les travaux de recherche portent sur la prévention en cours de culture et de récolte, et sur le tri ségréatif final des graines. L'efficacité et la rentabilité économique du tri étant fonction de l'importance de la contamination des récoltes, la lutte préventive est essentielle. Réduire la contamination par sélection variétale reste une voie possible, mais la multiplicité des paramètres de résistance ne permettra guère à moyen terme de disposer de variétés totalement résistantes. L'abaissement du taux de contamination relève donc essentiellement de la prévention au cours de la culture, de la récolte, du séchage et des techniques d'achat à la qualité. Pour l'arachide de bouche, le tri final des graines, manuel ou électrocolorimétrique, est la seule technique curative possible. Son efficacité est tributaire de l'importance de la contamination des graines et donc de l'efficacité des techniques préventives. La lutte contre les aflatoxines de l'arachide doit être envisagée globalement sur la filière.

J. MARTIN, A. BA, P. DIMANCHE, R. SCHILLING — **How groundnut contamination by aflatoxins can be controlled? Work in Senegal.**

Aflatoxins, mycotoxins produced by two saprophytic fungi of the genus *Aspergillus*, can contaminate groundnut seeds before, during and after harvesting. The new European standards concerning aflatoxin levels in peanuts, combined with the particularly drastic sampling procedures, mean that effective control techniques have to be found in Senegal if it is to continue exporting to the lucrative European Union market. Research work is concentrating on prevention during cultivation and harvesting, and on final sorting to segregate the seeds. As the efficacy and cost-effectiveness of sorting depend on the extent of crop contamination, preventive control is crucial. Reducing contamination by varietal selection is one possible way, but the multiplicity of resistance parameters means that totally resistant varieties will not be available for some time to come. Reducing contamination rates thus primarily means preventing contamination during cultivation, harvesting and drying, and through quality-based purchasing policies. For peanuts, final seed sorting, either by hand or by colorimetry, is the only possible remedial technique, and its efficacy depends on the extent of seed contamination and thus on the efficacy of preventive techniques. Groundnut aflatoxin control needs to be viewed in terms of the commodity chain as a whole.

Keywords: groundnut, peanut, aflatoxin, control methods, European market, Senegal.

J. MARTIN, A. BA, P. DIMANCHE, R. SCHILLING — **¿Cómo luchar contra la contaminación del mani por las aflatoxinas del mani? Ensayos llevados a cabo en Senegal.**

Las aflatoxinas, micotoxinas producidas por dos hongos saprófitos del género *Aspergillus*, pueden contaminar las semillas de mani antes, durante y tras la cosecha. Las nuevas normas europeas sobre los contenidos en aflatoxinas permitidas para el mani de tipo confitería, reforzadas por normas de muestreo especialmente severas, necesitan eficaces técnicas de control en Senegal para que este país pueda continuar exportando al lucrativo mercado de la Unión Europea. Los trabajos de investigación estudian la prevención durante cultivo y cosecha, y la selección segregativa final de las semillas. Puesto que la eficacia y la rentabilidad económica de la selección dependen de la importancia de la contaminación de las cosechas, el control preventivo es esencial. Una posibilidad consiste en reducir la contaminación mediante la selección varietal, pero la multiplicidad de parámetros de resistencia dificulta enormemente, a medio plazo, la posibilidad de disponer de variedades totalmente resistentes. Por consiguiente, para disminuir el índice de contaminación hay que insistir en las tareas de prevención durante el cultivo, cosecha, secado y técnicas de compra de calidad. Para el mani de tipo confitería, la selección final de las semillas, manual o electrocolorimétrica, es la única técnica curativa posible. Su eficacia depende de la importancia de la contaminación de las semillas y, por tanto, de la eficacia de las técnicas preventivas. El control de las aflatoxinas debe enfocarse de forma que abarque todo el sector.

Palabras clave: mani de tipo confitería, aflatoxina, métodos de control, mercado europeo, Senegal.

Mots-clés : arachide de bouche, aflatoxine, méthodes de lutte, marché européen, Sénégal.