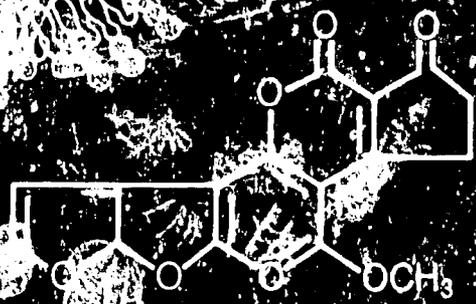


Rapport Sommaire et recommandations du colloque international sur la contamination des arachides par les aflatoxines

6-9 Octobre 1987

ICRISAT Centre, India



International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics

**Rapport sommaire et
recommandations du colloque
international sur la contamination
des arachides par les aflatoxines**

**6-9 Oct 1987
ICRISAT Center, India**



ICRISAT

**International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics
Patancheru, A.P. 502 324, India**

Référence : ICRISAT (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics), 1988. Rapport sommaire et recommandations du colloque international sur la contamination des arachides par les aflatoxines, 6-9 Oct, 1987, ICRISAT Center, India, Patancheru, A.P. 502 324, India : ICRISAT.

L'Institut international de recherche sur les cultures des zones tropicales semi-arides (International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics, ICRISAT) est un institut de recherche et de formation, à but non lucratif, financé par de nombreux donateurs regroupés au sein du Groupe consultatif pour la recherche agricole internationale. Les donateurs de l'ICRISAT sont les gouvernements ou agences gouvernementales d'Australie, Belgique, Canada, Etats-Unis, Finlande, France, Inde, Italie, Japon, Norvège, Pays-Bas, République fédérale d'Allemagne, Royaume-Uni, Suède et Suisse, ainsi que les organismes internationaux et privés suivants : Banque asiatique de développement, Banque mondiale, Centre de recherche pour le développement international, Communauté économique européenne, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Fonds de l'OPEP pour le développement international, Fonds international de développement agricole et Programme des Nations Unies pour le développement. Les informations et les conclusions contenues dans cette publication ne reflètent pas forcément la position des gouvernements, des agences et des organismes internationaux et privés précités.

Les opinions exprimées dans cette publication sont celles des auteurs et n'engagent pas nécessairement l'ICRISAT. Les appellations employées dans cette publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent, de la part de l'ICRISAT aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Si des spécialités commerciales sont nommées, cela ne signifie ni préférence, ni discrimination de la part de l'Institut à l'égard de certains produits.

ISBN 92-9066-162-3

Sommaire

Introduction

Synthèse du problème de la contamination de l'arachide par les aflatoxines	1
Objectifs et organisation de l'Atelier	5

Sommaires des communications

Importance des aflatoxines	7
Aflatoxines et commerce d'arachide	8
Aflatoxines des arachides : Surveillance et lutte au niveau national	10
Elimination des aflatoxines	16
Méthodes d'analyse des aflatoxines	18
Recherches sur la contamination des arachides par les aflatoxines : Généralités	21
Recherches sur la contamination des arachides par les aflatoxines : Résistance génétique	29

Procès verbaux des discussions en groupes

I : Evaluation et contrôle de la contamination de l'arachide et des produits à base d'arachides par les aflatoxines	35
II : Méthodes analytiques applicables aux aflatoxines présentes dans les arachides et dans les produits à base d'arachides	38
III : Recherches sur les méthodes de lutte contre la contamination par les aflatoxines au niveau de la ferme	40
IV : Recherches sur des méthodes de lutte contre la contamination par les aflatoxines au niveau du stockage, du transport et de la transformation, etc.	43

Recommandations

Information et formation	45
Stratégies	45
Besoins en recherches	46

Introduction

Synthèse du problème de la contamination de l'arachide par les aflatoxines

L.D. Swindale

Directeur général, International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics

L'arachide cultivée (*Arachis hypogaea* L.) est la culture oléagineuse la plus importante du monde en voie de développement, et une source précieuse de protéines pour la nutrition humaine et animale. Selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), l'arachide occupait, en 1985, presque 19 millions d'hectares dans le monde entier, donnant une récolte de 21 millions de tonnes de gousses sèches, soit un peu plus de 1 t ha⁻¹. A peu près 80% de la production mondiale provient des pays en développement, dont 67% des tropiques semi-arides, la zone d'activité de l'ICRISAT. Le Groupe consultatif sur la recherche agricole internationale (CGIAR) nous a chargés d'effectuer des recherches sur l'arachide, portant particulièrement sur les petits paysans, ceux-ci étant les principaux producteurs des arachides dans les tropiques semi-arides. Les recherches sur l'arachide ont débuté à l'ICRISAT en 1976 et il a été souligné dans le rapport menant à l'initiation de ce programme qu'il serait nécessaire d'aborder le problème de la contamination par aflatoxines.

Le problème a été soulevé pour la première fois au Royaume-Uni en 1960 lors de l'apparition de la maladie "X" des dindes. Le facteur commun dans les manifestations de cette maladie était que la nourriture donnée aux dindes contenait de la farine d'arachide provenant du Brésil. Des recherches réalisées au Royaume-Uni ont montré que la maladie était provoquée par des toxines produites par des souches du champignon *Aspergillus flavus* présentes dans la farine, d'où le nom aflatoxine, qui leur a été donné par la suite.

Le Tropical Products Institute à Londres, intégré maintenant à l'Overseas Development Natural Resources Institute (ODNRI), et le Central Veterinary Laboratory, Weybridge, Royaume-Uni, ont joué un rôle prédominant dans l'extraction, la purification et la détermination des toxines, ainsi que dans la mise au point de méthodes biologiques et physiochimiques d'identification et de quantification des toxines présentes dans l'arachide et dans d'autres matières premières. Les fondements ainsi établis ont permis aux recherches en train de se développer rapidement partout dans le monde de déterminer quelles matières premières, outre l'arachide, risquaient d'être contaminées par les aflatoxines et quelles espèces de bétail, en plus de la volaille, étaient sujettes à l'aflatoxicose. Plusieurs oléagineux, céréales, légumes et épices importants s'avéraient être naturellement contaminés par les aflatoxines et une large gamme de bétail en était affectée à un

degré plus ou moins important. Parmi les quatre autres cultures intéressant l'ICRISAT, seul le sorgho est susceptible d'être contaminé par les aflatoxines, et parmi les autres cultures céréalières, la contamination la plus importante existe surtout chez le maïs. Le maïs et l'arachide font fréquemment partie du régime alimentaire de beaucoup de gens dans les zones tropicales et sont souvent utilisés dans la préparation d'aliments pour bétail dans les pays industrialisés. L'aflatoxine la plus rencontrée, l'aflatoxine B₁, est également la plus toxique.

Au fur et à mesure que l'évidence d'une importance réelle ou potentielle de l'aflatoxicose chez les animaux d'élevage s'accroissait, une inquiétude croissante s'est installée quant au danger pour la santé humaine. Cette inquiétude s'est intensifiée de façon importante dès lors qu'on a démontré que les rats nourris avec des arachides contaminées par les aflatoxines contractaient des cancers du foie. Depuis 25 ans, de nombreuses données ont été collectées concernant la présence d'aflatoxines dans les régimes alimentaires de certaines régions du monde et l'incidence des cancers du foie dans ces régions; selon ces données, il y a de fortes présomptions pour que les deux soient liées.

La présence éventuelle de produits tellement toxiques et cancérigènes dans les aliments destinés à la consommation humaine ou animale a eu des effets considérables sur l'utilisation des arachides et des produits à base d'arachides, ainsi que sur le marché de cette matière première. Les industries de transformation et les pays importateurs ont imposé des limites sur la teneur admissible des arachides et des produits à base d'arachides en aflatoxines. Dans une communication présentée à la récente Conférence Internationale FAO/WHO/UNEP sur les Mycotoxines, van Egmond a fait remarquer qu'une cinquantaine de pays ont appliqué ou ont proposé des règlements relatifs à la teneur en aflatoxines des aliments. Les limites supérieures varient entre un taux de zéro détectable et 50 µg kg⁻¹. Au fur et à mesure que les méthodes de détection sont améliorées, ces règlements ont tendance à devenir de plus en plus sévères. La situation la meilleure serait, évidemment, une absence totale d'aflatoxines, mais ceci s'est avéré irréalisable. Les restrictions ne s'appliquent pas seulement aux arachides destinées directement à la consommation humaine. L'aflatoxine B₁, ingérée par les mammifères, peut passer dans le lait de l'animal, où elle se trouve sous une autre forme légèrement modifiée, appelée aflatoxine M₁. Au mois d'août 1981, le Ministère de l'Agriculture au Royaume-Uni a interdit l'affouragement des vaches laitières avec des produits à base d'arachides à cause du danger qui existait pour les consommateurs de lait. La toxine du lait est considérée comme particulièrement importante puisque les jeunes animaux, et vraisemblablement les enfants aussi, sont plus susceptibles à l'aflatoxicose et aux effets cancérigènes des aflatoxines que les adultes.

Le danger que représente l'ingestion d'aliments contaminés par les aflatoxines pour la santé de l'homme et du bétail est bien plus important dans les pays en voie de développement que dans les pays industrialisés. La plupart des pays en développement se trouvent dans les zones tropicales où les températures et les taux d'hygrométrie favorisent souvent le développement de moisissures sur ces produits. De plus, les conditions de stockage laissent souvent beaucoup à désirer. Dans de nombreux pays les moyens de détection de la contamination des arachides ou des produits à base d'arachides sont souvent limités ou absents. Il existe aussi d'éventuels effets synergiques entre les aflatoxines et le virus de l'hépatite B et il y a des preuves que les effets de l'ingestion des aflatoxines sont plus

sévères dans le cas d'enfants souffrant d'une déficience alimentaire en protéines, situation rencontrée malheureusement très souvent dans les pays où les aflatoxines sont présentes. Les pays où l'arachide est une culture de rente destinée à l'exportation ont tendance à s'appliquer à rendre acceptable leur matière première aux pays importateurs, tandis qu'ils ne s'occupent guère des taux d'aflatoxines présentes dans les produits destinés à la consommation domestique. Bien sûr, on peut comprendre qu'une perte des revenus provenant des produits exportés puisse être d'importance majeure et que certains pays producteurs d'arachide peuvent difficilement répondre aux règlements imposés actuellement par les pays importateurs. Néanmoins, les problèmes locaux sont importants. Que faire pour éliminer ou réduire la contamination des arachides ou des produits à base d'arachide par les aflatoxines? Il n'existe, pour le moment, aucune mesure unique qui puisse éviter la contamination de cette matière première par les aflatoxines. Bien sûr, s'il était possible de sélectionner des variétés d'arachide sur lesquelles l'*A. flavus* toxinogène était incapable de s'établir, ou au moins sur lesquelles, une fois établi, il était incapable de produire les toxines, le problème serait résolu. Malheureusement, nous n'en sommes pas encore là.

Ce qui peut être fait au niveau de la ferme est de cultiver des variétés présentant la résistance la plus forte possible des gousses et des graines contre l'invasion par *A. flavus*, mettant en oeuvre en même temps des pratiques culturales qui minimisent les dégâts subis par les gousses. Le stress hydrique en fin de saison doit être évité, et la récolte doit être commencée dès que la plupart des gousses sont mûres. Le séchage post-récolte doit être rapide, mais pas trop afin de ne pas abîmer les graines, et le lieu de stockage doit être propre, sec et sans ravageurs. La production doit être contrôlée au moment de quitter la ferme ou à l'arrivée aux points d'achat ou aux usines afin de détecter toute contamination par aflatoxines; les lots présentant des taux d'aflatoxines supérieurs aux niveaux admissibles doivent être dirigés vers les filières non alimentaires, ou doivent subir un procédé de détoxification avant d'être utilisés dans la préparation d'aliments destinés à la consommation humaine ou animale. L'huile d'arachide raffinée provenant d'usines modernes pratiquant l'extraction à l'aide de solvants sera normalement totalement dépourvue d'aflatoxines, mais l'huile produite dans les unités d'extraction villageoises plus rudimentaires peut avoir des teneurs en aflatoxines importantes, nécessitant un traitement supplémentaire afin de la rendre acceptable à la consommation humaine. Même au moment où le produit arrive chez le consommateur, le risque de contamination par les aflatoxines n'est pas terminé. Les spores d'*A. flavus* existant en grand nombre dans l'air et dans l'eau dans les régions à climat tropical ou chaud et tempéré, les aliments non protégés peuvent être colonisés avec production d'aflatoxines, si les conditions du milieu et la composition des aliments sont favorables.

Il est évident que les efforts visant à éviter la contamination des arachides par les aflatoxines doivent démarrer pendant la période de croissance des cultures et doivent continuer jusqu'au moment où les produits sont consommés. Bien que beaucoup des pratiques recommandées pour éviter la contamination soient simples à mettre en oeuvre, il faut les adapter aux conditions agro-climatiques et certaines d'entre elles pourront s'avérer irréalisables dans les pays moins développés où les moyens de travail sont réduits ou inexistantes. De nombreux groupes différents sont appelés à intervenir et doivent travailler ensemble afin de résoudre le problème.

Cet Atelier a rassemblé les chercheurs et les agents de vulgarisation agricoles de 26 pays en voie de développement et industrialisés, ainsi que ceux appartenant à divers organismes internationaux et régionaux. Des invités représentant des sociétés de commercialisation ou de transformation et des organismes de commercialisation gouvernementaux, ainsi que des représentants des milieux médicaux ou vétérinaires y ont participé afin de traiter tous les aspects de ce problème. L'Atelier avait pour objectifs principaux de faire une mise au point du problème et d'évaluer les recherches récentes ou en cours, en vue de fournir les meilleurs conseils possibles à tous ceux qui sont concernés par la production des arachides dans le but de réduire, voire éliminer la contamination par aflatoxines.

Les travaux réalisés par l'ICRISAT portent sur le développement de variétés d'arachide qui ne permettent pas l'invasion par *A. flavus*, ou qui empêchent le développement de la toxine. Des recherches parallèles portent sur la mise au point de méthodes *in vitro* pour déterminer la résistance des graines, sur la détection des toxines elles-mêmes et sur l'étude des facteurs du milieu ayant un effet sur la résistance. Cette façon d'aborder le problème pourrait apparaître quelque peu limitée mais l'ICRISAT est un institut international de recherche agricole et de formation qui réalise la plupart de ses travaux de recherches dans trois pays hôtes : l'Inde, le Niger et le Malawi. D'ailleurs, il travaille pour le compte de tous les petits cultivateurs de toutes les régions tropicales où l'on cultive l'arachide. Il ne serait pas souhaitable que l'ICRISAT entreprenne des recherches importantes sur les problèmes post-récolte posés par les aflatoxines, puisque ce travail est évidemment de la responsabilité des établissements scientifiques nationaux et il ne serait pas souhaitable que l'ICRISAT entreprenne un travail qui puisse remettre en cause leur aptitude à traiter un tel problème. D'ailleurs, il faut rappeler que le groupe de petits cultivateurs visé n'a, pour la plupart, ni l'éducation, ni l'information, ni les moyens nécessaires au contrôle des niveaux d'aflatoxines, ce qui exige des pratiques de gestion sophistiquées. Nous faisons ce qui est pour nous le mieux à faire et nous pensons que nos recherches sur *A. flavus* et ses toxines permettront aux petits cultivateurs des régions tropicales de s'assurer des revenus bien plus rentables à partir de leurs productions d'arachides. Néanmoins, notre travail n'est qu'une petite contribution à la solution d'un grand problème.

Nous espérons que cet Atelier, ainsi que les Comptes rendus qui en seront faits, permettront d'avancer sur tous les fronts de la bataille contre ce grave problème qu'est la contamination des arachides par les aflatoxines et qu'ils montreront comment les diverses réalisations de la recherche contribuent à un ensemble plus important.

On espère également qu'une large diffusion des résumés et des Comptes rendus complets de cet Atelier nous permettra de porter ce problème à l'attention des autorités gouvernementales concernées et de ceux qui décident la politique à suivre, afin qu'ils puissent agir de façon à minimiser le danger que représente la consommation d'arachides ou de produits à base d'arachides contaminés pour la santé humaine ou animale, permettant également l'amélioration de la qualité des arachides commercialisées et, par conséquent, une augmentation des revenus à l'exportation.

Objectifs et organisation de l'Atelier

Objectifs

L'Atelier avait pour objectifs principaux de :

- Rassembler les chercheurs et tous ceux qui sont intéressés par les nombreux aspects divers du problème des aflatoxines chez l'arachide pour échanger les dernières informations;
- Évaluer la situation des recherches sur les aflatoxines dans les différents pays et régions;
- Définir les possibilités de collaboration dans le domaine des recherches;
- Étudier les moyens d'évaluation et de contrôle du problème de la contamination des arachides par les aflatoxines dans le monde entier;
- Identifier les besoins spécifiques en formation, ainsi que les organismes susceptibles de fournir cette formation;
- Établir des plans de diffusion d'informations utiles auprès des cultivateurs, des industries de transformation, des utilisateurs, des services de conseils et des autorités.

Organisation

Afin de pouvoir traiter toute la gamme de thèmes présentés à l'Atelier, les communications ont été regroupées en sessions, organisées de façon à passer des aspects généraux du problème aux thèmes de recherches spécifiques. Des résumés de toutes les communications présentées figurent dans le présent compte rendu. Une quarantaine de communications ayant été présentées, les discussions à la fin de chacune d'elles étaient forcément brèves, mais l'organisation du programme permettait aux participants de se diviser en groupes afin de discuter plus en détail au sein de ces groupes. Au cours d'une session plénière de clôture, le président de chaque groupe a présenté un procès verbal et des recommandations qui sont inclus dans ce présent compte rendu.

Les recommandations de chaque groupe ont été examinées par tous les participants au cours de cette session plénière et les recommandations finales de l'Atelier ont été formulées à partir de ces délibérations.

Une recommandation principale, et un thème qui est revenu tout au long des présentations et des discussions, a été la nécessité de rendre les gens plus conscients, à tous les niveaux, de ce problème de contamination des arachides par les aflatoxines, depuis le grand public et les cultivateurs, jusqu'aux responsables des politiques alimentaires et aux représentants du commerce et de l'industrie. Afin de tenir compte de ces préoccupations, il a été décidé de préparer le présent résumé des travaux et de le diffuser aussi largement

que possible. Un compte rendu complet comportant les communications dans leur intégralité est en cours de préparation et pourra être obtenu de l'ICRISAT dans le courant de 1989.

Tout au long de ce document, le terme "arachide" est utilisé pour désigner *Arachis hypogaea* L., sauf dans le cas de noms propres d'organismes, par exemple le Peanut CRSP.

Dans un souci d'homogénéité, toutes les teneurs en aflatoxines sont exprimées en microgrammes par gramme ($\mu\text{g g}^{-1}$) ou par kilogramme ($\mu\text{g kg}^{-1}$).

Sommaires des communications

Importance des aflatoxines

Risques pour la santé humaine dus à la consommation des arachides contaminées par les aflatoxines

R.V. Bhat

Directeur adjoint, Food and Drug Toxicology Research Centre, National Institute of Nutrition, Indian Council of Medical Research, Jamai Osmania PO, Hyderabad 500 007, Andhra Pradesh, India.

Les effets aigus et chroniques des aflatoxines chez l'homme sont bien documentés. Les cas d'aflatoxicoses signalés chez l'homme sont dus plutôt à la consommation des aliments de base tels que le maïs, et non pas des arachides. En Inde, la cirrhose infantile est souvent attribuée à la farine des arachides contaminées par les aflatoxines. L'évolution du cancer du foie dans certains pays en voie de développement est également imputée à ces mycotoxines. Cependant, dans les pays développés tels que les États-Unis, la corrélation entre les aflatoxines d'arachide et le cancer du foie est faible.

D'après les enquêtes menées en Inde sur l'alimentation, le taux de consommation journalière des fruits secs, en particulier des arachides, varie de 2 à 35 g par unité de consommation et par personne, en fonction de la région et de la saison. D'après les données collectées par le Indian Multicentric Food Contamination Monitoring Program, les aflatoxines ont été détectées dans 13% des échantillons d'arachides analysés; le taux de toxines n'a dépassé la limite autorisée de $30 \mu\text{g kg}^{-1}$ que dans 2,6% des échantillons. Des études conduites en Thaïlande, aux Philippines et aux États-Unis ont révélé que le niveau d'aflatoxine ingérées suite à la consommation des arachides est inférieur à celui dû au maïs.

Les législations sanitaires mises en vigueur dans les pays de la CEE, au Japon et dans d'autres pays développés, concernant la présence des aflatoxines dans les arachides importées et leurs produits, ont permis de sauvegarder les exportations plutôt que de réduire les risques pour la santé dans les pays en développement.

Risques entraînés pour les animaux d'élevage par la consommation de la farine d'arachides contaminées en Afrique

J.D. Reed et O.B. Kasali

Nutritioniste et Chef, Animal Reproduction and Health Unit, International Livestock Center for Africa (ILCA), PO Box 5689, Addis Ababa, Ethiopia.

L'apparition de la maladie X du dindon en Angleterre a permis la découverte de l'aflatoxicose, due à la consommation par les animaux de farine d'arachides contaminées par *Aspergillus flavus*. En Afrique, la forte teneur en aflatoxines de la farine d'arachides a une conséquence grave sur l'alimentation animale. Les risques dépendent du niveau et du type d'aflatoxines dans le régime, de l'espèce animale et de son état nutritionnel. L'aflatoxicose subclinique est caractérisée par une perte d'appétit et une faible productivité; il n'y a pas de symptômes cliniques notables. Un taux d'aflatoxine inférieur à 1000 $\mu\text{g kg}^{-1}$ dans le régime peut également entraîner des problèmes chroniques, cependant les limites inférieures liées à une baisse de productivité ne sont pas connues.

Les lésions dues à l'aflatoxicose se produisent surtout au niveau du foie, et sont considérées comme une hépatite toxique. Les causes naturelles résultent d'une ingestion répétée de la toxine. La réaction la plus fréquente à l'aflatoxine B₁ est une hyperplasie du canal biliaire à la périphérie des lobules hépatiques. En fonction de l'espèce animale, les modifications des hépatocytes (vacuolisation, modification des lipides) aboutissent à une nécrose d'une partie du lobule hépatique. Les lésions véno-occlusives hépatiques sont également fréquentes.

L'effet immunosuppresseur des aflatoxines, ainsi que la forte incidence des maladies et une alimentation inadéquate, limitent l'augmentation de la production animale en Afrique.

Aflatoxines et commerce d'arachide

Commerce d'arachide en Inde et dans le monde : conséquences de la contamination par les aflatoxines

G. Chandrashekar

Secrétaire, Indian Oil and Produce Exporters Association, 78-79 Bajaj Bhawan, Nariman point, Bombay 400 021, India.

L'Inde est le plus important producteur d'arachides dans le monde. Cependant, sa part dans le commerce mondial d'arachides de bouche a fortement baissé pendant ces dix

dernières années. La production déficitaire d'oléagineux a augmenté les prix d'arachides en Inde par rapport à d'autres pays producteurs et les a ainsi rendues moins intéressantes au niveau du commerce mondial. L'instabilité des politiques gouvernementales s'est avérée plus défavorable au commerce indien d'arachide que les appréhensions concernant la contamination par les aflatoxines. Le triage des arachides de bouche est encore manuel, à cause des coûts élevés de la mécanisation et des risques liés à l'investissement. Pourtant, les trieurs indiens sont à même de garantir des arachides de qualité acceptable pour l'exportation. L'effet de l'incidence des aflatoxines est actuellement encore marginal. L'appui de l'Etat en vue de favoriser l'exportation des arachides de bouche à des prix compétitifs permettra de sensibiliser et de motiver les trieurs indiens à préparer des arachides exemptes d'aflatoxines et de bonne qualité destinées à l'exportation.

Problème de la contamination par l'aflatoxine des arachides et de leurs produits, vu par le Conseil africain de l'arachide

B. Coulibaly

Directeur adjoint, Scientific and Technological Department-AGC, African Groundnut Council, Trade Fair Complex, Badagry Expressway Km 15, PO Box 3025, Lagos, Nigeria.

Dans les Etats membres du Conseil africain de l'arachide (CAA), l'arachide représente une production traditionnelle d'importance économique. Depuis 25 ans, l'industrie d'arachide et le CAA se heurtent au problème des aflatoxines dont les conséquences économiques et commerciales tendent à s'aggraver. La présence des aflatoxines freine les exportations, en particulier celles des tourteaux et de la farine d'arachides destinés aux marchés ouest-européens. L'aflatoxine pose donc un problème important dont la solution touche non seulement à la recherche scientifique mais aussi aux questions commerciales et politiques.

Malgré les polémiques soulevées autour du problème, en 1975, le CAA a lancé un programme fondé sur les connaissances scientifiques sur *Aspergillus flavus* et d'autres champignons producteurs de mycotoxines, pour lutter contre l'incidence des aflatoxines. Les Phases I et II ont été menées à terme grâce à l'appui financier de la Communauté économique européenne (CEE) et du Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD), avec le concours technique de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO). On peut déjà noter les acquis suivants : formation du personnel au contrôle d'aflatoxine aux champs et en laboratoire; établissement et équipement des laboratoires pour l'analyse des aflatoxines; identification des mesures de lutte; et construction de deux unités pilotes pour la détoxification afin de compléter les mesures culturales de lutte.

Le CAA entretient des contacts avec les représentants de la CEE et les exportateurs des produits arachidiens, en ce qui concerne la réglementation et les normes ainsi que leur application.

Une solution scientifique seule ne serait pas suffisante; elle doit être complétée par des efforts conjugués des industriels, des responsables du commerce et des politiciens.

Aflatoxines des arachides : Surveillance et lutte au niveau national

Contamination des arachides stockées par les aflatoxines au Zimbabwe

A.H. Siwela et A.D. Caley

Responsable de recherche, Chemistry and Soil Research Institute, Department of Research and Special Services, Ministry of Lands, Agriculture and Rural Resettlement, PO Box 8100, Causeway, Harare, Zimbabwe et Chef de recherche, Grain Marketing Board (Zimbabwe), PO Box 8014, Causeway, Harare, Zimbabwe.

Les analyses des aflatoxines ont été effectuées sur les arachides stockées, destinées soit à la vente locale, soit à l'exportation, au cours de la période allant de 1982/83 à 1986/87. Elles ont porté sur 441 échantillons de 7 variétés d'arachide. Dans 68% des échantillons, la concentration totale des aflatoxines B₁ et G₁ s'est élevée à 25 µg kg⁻¹. Dans la récolte de 1986/87, les variétés Flamingo et Makulu Red, qui constituent la majeure partie des ventes à l'exportation, ont présenté une concentration d'aflatoxine B₁ allant jusqu'à 25 µg kg⁻¹ dans 83% des échantillons et de l'aflatoxine G₁ dans 61% des échantillons. En général, la variété Egret s'est montrée la plus sensible à la contamination par les aflatoxines au cours de cette période.

Problèmes liés à l'aflatoxine et à *Aspergillus flavus* chez l'arachide en Zambie

J. Kannaiyan, R.S. Sandhu et A.L. Phiri

Phytopathologue des légumineuses à grain, Eastern Province Agricultural Development Project et Sélectionneur de l'arachide, FAO Government of Zambia, Department of Agriculture, Research Branch, Msekera Regional Research Station PO Box 510089, Chipata, Zambia et Technicien de laboratoire senior, Eastern Cooperative Union Limited, PO Box 510108, Chipata, Zambia.

En Zambie, les graines d'arachide destinées à l'exportation subissent un contrôle de routine pour la contamination par les aflatoxines. Depuis 1979, 6,3% des 28 410 échantillons analysés ont présenté des taux de contamination dépassant $5 \mu\text{g kg}^{-1}$. Les résultats d'une étude s'étendant sur deux ans sur les variétés prometteuses ont révélé une contamination variable des grains par *A. flavus*. Le traitement des semences avec Benlate® ou Labilite® à raison de 3 g kg^{-1} a permis de maîtriser *A. flavus* dans les semences tout en améliorant la levée des plantes.

Contamination des arachides par l'aflatoxine et les stratégies de lutte au Malawi

C.T. Kisyombe

Phytopathologue de l'arachide senior, Ministry of Agriculture and Natural Resources, Chitedze Agricultural Research Station, PO Box 158, Lilongwe, Malawi.

Au Malawi, les pluies débutent en octobre et continuent jusqu'en avril, ainsi les cultivars d'arachide à long cycle sont récoltés sous conditions sèches. Ceci permet de sécher les gousses sans grand risque d'invasion des graines par *Aspergillus flavus* et *A. parasiticus* ainsi que de contamination par les aflatoxines. En fait, la contamination par les aflatoxines ne pose pas de problème au Malawi. Cependant, certaines pratiques traditionnelles de traitement de la récolte avant la vente créent des conditions qui favorisent le développement rapide de ces microorganismes et une contamination éventuelle par les aflatoxines. Par exemple, les gousses sont humectées afin d'assouplir la coque pour le décortiquage manuel. L'Agricultural Development and Marketing Corporation (ADMARC) achète les arachides décortiquées et triées auprès des paysans, et les soumet à un triage électronique pour éliminer les arachides contaminées et à des analyses dans son usine de Liwonde. Ce processus de décortiquage et de triage manuels par les paysans suivi d'un tri supplémentaire et des analyses des aflatoxines a valu au Malawi une bonne réputation pour ses arachides de confiserie. Il faut des recherches permettant d'incorporer la résistance à *A. flavus* et à *A. parasiticus* ainsi qu'à la contamination par les aflatoxines dans les cultivars commerciaux. Il convient également de former les paysans aux méthodes efficaces de traitement des arachides avant la vente.

Problème et maîtrise des aflatoxines au Nigéria

S.K. Manzo et S.M. Misari

Chef, Department of Crop Protection et Leader, Legumes and Oilseeds Research Programme, Institute for Agricultural Research, Ahmadu Bello University, PMB 1044, Samaru, Zaria, Nigeria.

En 1961, un comité a été créé pour coordonner les actions de lutte contre le problème des aflatoxines au Nigéria. Ce comité regroupe des représentants de quatre ministères, et des organismes de recherche et de commercialisation dont : l'Institute for Agricultural Research (IAR) de Zaria, le Nigerian Stored Products Research Institute (NSPRI), et le Northern Nigeria Marketing Board. Ce comité a la responsabilité d'évaluer l'importance du problème d'aflatoxines des arachides et d'initier les actions visant à son élimination ainsi que de les coordonner. L'IAR a été chargé d'étudier la contamination depuis la culture, jusqu'au stade où la production est vendue par les paysans. Le NSPRI prend le relais en examinant le problème depuis le stockage jusqu'à l'exportation ou la consommation. A cette fin, le NSPRI a effectué des contrôles systématiques afin de déterminer le niveau d'aflatoxine dans les arachides stockées en pyramides avant l'exportation. L'IAR a étudié l'époque d'invasion des graines d'arachide par *Aspergillus flavus*, d'une part, et les conditions ainsi que le moment de la production des aflatoxines, d'autre part. L'interaction des différents éléments tels que la température, l'humidité relative, la sécheresse et l'irrégularité des pluies ainsi que la maturité des plantes à la récolte exerce une influence sur l'invasion par *A. flavus* et la contamination par les aflatoxines des arachides aux champs et stockées. Dans les régions plus humides des savanes sud-guinéennes à longue saison des pluies, la contamination pose plus de problèmes après la récolte, tandis que dans les savanes nord-guinéennes et soudanaises plus sèches le problème se produit avant la récolte.

L'infestation par les insectes et l'humectation des arachides stockées favorisent la contamination par les aflatoxines.

Les acquis des recherches effectuées par l'IAR et le NSPRI ont permis de formuler les recommandations sur le conditionnement des arachides afin de minimiser ou d'empêcher la contamination. Les fabriques d'huile et de tourteaux soumettent régulièrement leurs arachides et autres produits aux analyses des aflatoxines, puisque les sociétés, la population, et le gouvernement du Nigéria sont de plus en plus sensibilisés aux dangers encourus par la volaille, les animaux et l'homme. Le Nigéria est un cosignataire de la résolution ratifiée par le Conseil africain de l'arachide, d'exporter uniquement les arachides dont la teneur en aflatoxines ne dépasse pas la limite autorisée de $200 \mu\text{g kg}^{-1}$ imposée par la CEE.

Toutes les variétés commerciales d'arachide au Nigéria sont sensibles à l'invasion par *A. flavus* et à la contamination par les aflatoxines. Le matériel en sélection obtenu de sources locales et exotiques est évalué pour la résistance. D'autres pratiques culturales améliorées sont également retenues ou à l'étude.

Problème des aflatoxines des arachides en Tanzanie

M.D. Raya

Spécialiste de la défense des cultures, Groundnut Improvement Programme, Tanzania Agricultural Research Organization (TARO), TARO Naliendele, PO Box 509, Mtwara, Tanzania.

L'arachide est cultivée dans la plupart des régions en Tanzanie, mais surtout dans le sud-est du pays. Il s'agit d'une production paysanne qui est destinée aux marchés locaux. La recherche sur les arachides a débuté vers la fin des années 40 à Nachingwea. Au début de 1970 cette opération a été transférée à Naliendele (Mtwara) dans le sud-est, grâce à l'appui de l'Overseas Development Authority (ODA) en Grande-Bretagne. Désormais la plus grande partie des recherches sur l'arachide dans les domaines de la sélection, de l'agronomie et de la défense des cultures est entreprise à Naliendele, à l'exception de certains travaux qui sont conduits à l'Université de Sokoine (Morogoro).

Les premières recherches sur la défense des cultures ont porté sur les maladies foliaires et les insectes. La contamination par les aflatoxines a récemment retenu l'attention du fait de la réduction de qualité de la production arachidière du pays. Le National Groundnut Improvement Program a entamé des recherches poussées visant à élaborer des méthodes de lutte efficaces.

Etat actuel et avenir de la recherche sur les aflatoxines au Mozambique

E.F. Baquete et M.J. Freire

Vétérinaire et Analyste de contrôle de qualité, National Laboratory of Water and Food Hygiene (LNHAA), Caixa Postal 264, Maputo, Mozambique et Maître assistant, Universidade Eduardo Mondlane, Faculdade de Agronomia, Groundnut Improvement Project/IDRC, Caixa Postal 257, Maputo, Mozambique.

Au Mozambique, on a constaté une forte corrélation entre l'incidence du cancer hépatique primaire et la consommation d'aliments contaminés par les aflatoxines. Des études ont été effectuées en vue d'évaluer et de réduire ce problème.

Les produits alimentaires de consommation animale et humaine sont analysés par les organismes tels que le National Institute for Veterinary Research (INIV) et le National Laboratory of Water and Food Hygiene (LNHAA). La principale technique utilisée pour la détermination et le dosage des aflatoxines est la chromatographie en couche mince (TLC); le LNHAA se sert également de la chromatographie liquide haute performance (HPLC).

Dans une étude réalisée en 1981, portant sur l'analyse de 313 échantillons de 17 produits alimentaires, 16 échantillons étaient contaminés par l'aflatoxine B₁, 10 autres par B₂, 4 par G₁, et 3 par G₂. On a observé que 87-100% des échantillons d'arachide, de bière, de riz et de maïs étaient contaminés. Les niveaux de contamination dans les

échantillons d'arachide varient de 3 à 5500 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d'aflatoxines, l'aflatoxine B₁ étant la plus élevée.

Un programme d'analyses examine la corrélation éventuelle entre la consommation d'aliments contaminés et la présence d'aflatoxine M₁ dans le lait maternel.

L'INIV, le LNIAA et le Groundnut Improvement Project du CRDI/Universidade Eduardo Mondlane étudient la possibilité de travaux collaboratifs intégrant une composante d'agronomie, qui permettra la formulation et la mise en oeuvre des recommandations pour les paysans et les commerçants.

Recherches sur la contamination des arachides par les aflatoxines en Chine

Xiao Daren

Assistant de recherche, Institute of Oil Crops, Chinese Academy of Agricultural Sciences (CAAS), Groundnut Aflatoxin Contamination Project on Oilseeds Research, Baojian, Wuchang Wuhan, Hubei, People's Republic of China.

Au cours de la période 1973-77, 1690 échantillons de graines d'arachide et 1172 échantillons d'huile d'arachide provenant de 24 provinces de la République populaire de Chine ont été analysés pour déterminer la contamination par l'aflatoxine B₁. Les pourcentages d'échantillons contenant la toxine sont respectivement 26,3 pour les graines et 47,3 pour l'huile. En général, le pourcentage d'échantillons contaminés diminue en allant vers le nord : pourcentage élevé dans le sud du pays, moyen dans la vallée du Yangtze, et faible en Chine septentrionale. La solution proposée pour empêcher la contamination est un séchage rapide des arachides jusqu'à une teneur en eau inférieure à 10%.

Contamination des arachides par les aflatoxines après la récolte aux Philippines

R. Quitco, L. Bautista et C. Bautista

Chercheur adjoint, Assistant de recherche et Chimiste, National Post Harvest Institute for Research and Extension (NAP HIRE), c/o Central Luzon State University (CLSU), Munoz, Nueva Ecija, the Philippines.

Pendant la principale campagne agricole, le taux d'aflatoxine augmente significativement entre la récolte et le stockage sur l'exploitation. Les arachides récoltées ont une teneur moyenne de 3,16 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d'aflatoxine. Ce pourcentage progresse à raison de 1,5 $\mu\text{g kg}^{-1}$

par jour pendant le séchage en andains. Lors du stockage, la contamination continue à augmenter à raison de $1,4 \mu\text{g kg}^{-1}$ par jour. La contamination est significativement supérieure pendant la campagne principale par rapport à la deuxième campagne.

Au niveau du commerce, des échantillons d'arachides collectés auprès de plusieurs intermédiaires présentent une teneur de $35,0 \mu\text{g kg}^{-1}$ d'aflatoxine. Par contre, les échantillons des nouvelles arachides recueillis auprès des grossistes contiennent $188 \mu\text{g kg}^{-1}$ d'aflatoxine. Les arachides ayant été stockées pendant plus de trois mois dans les entrepôts des grossistes contiennent $275 \mu\text{g kg}^{-1}$ d'aflatoxine.

En ce qui concerne le traitement industriel, les taux d'aflatoxine sont les suivants : la matière première pour les arachides de confiserie (grillées et frites), $7,73 \mu\text{g kg}^{-1}$; les arachides destinées à la production de beurre, $17,13 \mu\text{g kg}^{-1}$; les arachides rejetées $120,6 \mu\text{g kg}^{-1}$.

La contamination déclenchée pendant la récolte augmente significativement au cours de la vente et du traitement industriel. Cette augmentation continue est attribuée à un séchage insuffisant des arachides après la récolte.

Contamination des arachides par les aflatoxines au Pakistan

I.A. Rana

Agent de recherche principal, National Agricultural Research Centre, Food Technology Department, PO National Institute of Health, National Park Road, Islamabad, Pakistan.

Les échantillons d'arachide recueillis dans plusieurs parties du Pakistan ont été analysés pour leur teneur en aflatoxine. Aucun échantillon d'arachides nouvelles ne contient de toxine. Tous les échantillons d'arachides grillées provenant de Khuzdar et 6-15% des échantillons provenant des autres régions sont contaminés. La teneur en aflatoxine de ces échantillons varie de 24 à $800 \mu\text{g kg}^{-1}$.

Programme national sur le contrôle et la maîtrise des mycotoxines au Brésil

M. Sabino

Chef du département, Química Biológica, Instituto Adolfo Lutz, Av. Dr Arnaldo 355, Caixa Postal 7027, Sao Paulo, SP-CEP 02146, Brazil

La partie occidentale de l'Etat de Sao Paulo est une région caractérisée par des températures et une humidité élevées. C'est la principale zone arachidière du Brésil. Les résultats

d'analyses portant sur des arachides collectées pendant la saison des pluies (313 échantillons) et pendant la saison sèche (83 échantillons) ont démontré que 48 à 74% d'échantillons des régions ouest et nord-est de cet Etat contenaient entre 5 et 22 500 $\mu\text{g kg}^{-1}$ d'aflatoxine B₁.

Cette étude a confirmé l'importance de ce problème au Brésil. Des recommandations ont été proposées aux autorités brésiliennes à la suite de cette étude.

Elimination des aflatoxines

Maîtrise des aflatoxines dans les produits d'arachides : échantillonnage, analyse et détoxification

R.D. Coker

Agent de recherche principal, Mycotoxins Section, Overseas Development Natural Resources Institute (ODNRI), 56-62 Grays Inn Road, London WC1X 8LU, U.K.

La maîtrise des aflatoxines contenues dans les produits arachidières nécessite un contrôle de qualité accompagné des processus de décontamination. Les récents travaux entrepris par l'Overseas Development Natural Resources Institute (ODNRI) sont axés sur la mise au point de méthodes efficaces d'échantillonnage, de préparation des échantillons, d'analyse des aflatoxines et de détoxification chimique.

Certains modèles mathématiques permettant de décrire la distribution des aflatoxines dans les graines d'arachide, les arachides grillées, le beurre d'arachide et les tourteaux, ont été étudiés afin de faciliter la conception des plans d'échantillonnage pour ces produits. Un broyeur-échantillonneur a été mis au point en collaboration avec une société anglaise pour la production rapide de sous échantillons broyés représentatifs à partir de grands échantillons de graines d'arachide.

Des méthodes ont été perfectionnées pour une analyse précise de la teneur en aflatoxine des produits d'arachide en utilisant des procédés de purification sur phases greffées ainsi que les méthodes quantitatives de la chromatographie liquide haute performance (HPLC) et de la chromatographie en couche mince haute performance (HPTLC). L'application des méthodes ELISA à l'analyse du beurre d'arachide a été également examinée.

On a mis au point un processus de détoxification des tourteaux à l'aide de gaz ammoniac à forte température et sous pression moyenne. Les premiers essais de toxicité ont été effectués sur du matériel ammoniacqué produit dans un réacteur d'une capacité de 50 kg. Une unité semblable en cours de construction aura une capacité de traiter 1 t h⁻¹; les premiers essais sont prévus en Inde en 1988.

Élimination de l'aflatoxine de l'arachide en Australie

M. Read

Chimiste principal, The Peanut Marketing Board, Haly Street, PO Box 26, Kingaroy, Queensland 4610, Australia.

En Australie, dans certaines années, la sécheresse avant la récolte des arachides provoque une forte incidence d'aflatoxine. Grâce à la ségrégation sélective et au triage, les graines contenant de l'aflatoxine sont éliminées des lots contaminés afin de respecter la limite autorisée de $15 \mu\text{g kg}^{-1}$ (total). Ce triage est fondé sur la décoloration caractéristique des graines d'arachides contaminées par *Aspergillus* spp. et le faible pourcentage des graines contenant les aflatoxines. Les variations dues aux différents éléments tels que l'échantillonnage, la préparation des échantillons et les analyses sont également indiquées. Malgré le niveau très élevé de l'échantillonnage et de l'analyse, il reste toujours une probabilité d'erreur dans le contrôle d'aflatoxines.

Élimination de l'aflatoxine B₁ du lait d'arachide grâce à *Flavobacterium aurantiacum*

D.Y.Y. Hao, R.E. Brackett et T.O.M. Nakayama

Étudiant honoraire, Maître assistant et Professeur, University of Georgia et Directeur du Programme, Peanut Collaborative Research Support Program (Peanut CRSP), University of Georgia, College of Agriculture, Georgia Experiment Station, Griffin, GA 30212, USA.

La capacité de *Flavobacterium aurantiacum* d'éliminer l'aflatoxine B₁ présente dans le lait d'arachide a été étudiée. D'après les résultats des premiers essais, cette bactérie se développe aussi bien dans le lait d'arachide non deshuilé (NDPM) que dans le lait d'arachide demi-deshuilé (PDPM) et son développement n'est nullement inhibé par la présence de l'aflatoxine B₁. D'autres expériences ont été mises au point pour évaluer la capacité de 10^9 cellules immobiles de *F. aurantiacum* d'éliminer l'aflatoxine B₁ présente dans un tampon phosphaté (PB), le lait NDPM et le lait PDPM. Les taux de diminution de l'aflatoxine B₁ par *F. aurantiacum* après 24 heures à 30°C, sont de 40% (PB), de 23% (NDPM) et de 70% (PDPM). La protéolyse du PDPM avant l'inoculation avec la bactérie a amélioré la récupération de la toxine d'à peu près 30% par rapport aux échantillons non protéolysés. Cependant, la protéolyse des échantillons NDPM n'a pas donné les mêmes résultats, ce qui signifie qu'une partie de la toxine serait liée à la protéine de l'arachide ne permettant pas son élimination par *F. aurantiacum*.

Détoxification des graines d'arachide et de leurs produits

T. Shantha

Chercheur, Discipline of Microbiology and Sanitation, Central Food Technological Research Institute (CFTRI), Mysore 570 013, Karnataka, India.

L'exposition de l'huile contaminée par l'aflatoxine B₁ au soleil pendant une durée déterminée permet de détruire complètement la toxine. Il a été confirmé que ce traitement donne une huile saine tout en prolongeant sa durée de conservation. Une grande partie de l'aflatoxine présente dans les particules fines suspendues dans l'huile peut être enlevée par la filtration ou par l'adjonction d'une solution de NaCl à 10%. L'exposition au soleil pendant 14 heures de graines d'arachide contaminées (écailles fines de 0,5 mm) permet de les détoxifier partiellement. Le traitement par l'alcool à 50%, l'acétone, le méthanol ou le chlorure de calcium à 1% assure la détoxification des tourteaux. Le traitement des isolats de protéine par l'eau oxygénée et celui des arachides en écailles fines ou en poudre par l'urée et la farine de soja, avec ou sans formaldéhyde, suppriment 90% des aflatoxines.

Méthodes d'analyse des aflatoxines

Les méthodes immunochimiques courantes de l'analyse des aflatoxines dans les arachides et leurs produits

F.S. Chu

Professeur de la toxicologie alimentaire, University of Wisconsin, Department of Food Microbiology and Toxicology, 1925 Willow Drive, Madison, WI 53706, USA.

La découverte récente des anticorps monoclonaux et polyclonaux spécifiques aux mycotoxines a abouti à la mise au point des tests d'une simplicité, sensibilité et spécificité adéquates, notamment le radio immuno dosage (RIA) et la méthode immunoenzymatique de dosage des anticorps (ELISA). La sensibilité du RIA varie de 0,1 à 0,5 ng et de l'ELISA de 2,5 à 25 pg par essai. Des protocoles ELISA simples demandant moins d'une heure ont été élaborés pour le dosage de l'aflatoxine B₁ dans les arachides et leurs produits. Ces essais ont permis d'analyser avec succès les échantillons ayant subi une contamination naturelle de 5-10 µg g⁻¹. Les anticorps des mycotoxines sont utilisés en tant qu'un outil immunohistochimique afin de doser les mycotoxines présentes dans les tissus et d'établir les colonnes d'immunoaffinité. Celles-ci sont utiles au dosage de l'aflatoxine dans les

arachides, et à la purification pour l'analyse des aflatoxines. Le progrès réalisé dans la production des anticorps, la spécificité des anticorps ainsi que les avantages et inconvénients des différents tests immunochimiques sont examinés en même temps que les problèmes liés à la recherche immunochimique sur les mycotoxines, en particulier les aflatoxines. L'accent est mis sur les méthodes immunochimiques d'évaluation des aflatoxines dans les produits arachidières.

Méthodes d'analyse des aflatoxines dans les arachides et d'autres produits agricoles

T. Goto et M. Manabe

Agent de recherche senior et Chef, Division of Applied Microbiology, Mycotoxins Laboratory, National Food Research Institute, Ministry of Agriculture, Forestry, and Fisheries, 2-1-2 Kannondai, Yatabe, Tsukuba, Ibaraki 305, Japan.

Les méthodes d'analyse des aflatoxines par la chromatographie en couche mince (TLC) et la détection par fluorescence, mises au point dans les années 60 sont encore largement utilisées. Plusieurs applications de la chromatographie liquide haute performance (HPLC) élaborées vers la fin des années 70, se sont avérées plus sensibles que les méthodes TLC. Elles sont donc retenues pour les analyses des aflatoxines demandant une grande précision. La méthode de la réaction vert-jaune de fluorescence (BGYF) et celle des minicolonnes sont proposées pour les analyses où la simplicité et la rapidité sont plus importantes que la précision. Les auteurs ont également examiné plusieurs systèmes ELISA parmi les différentes méthodes immunochimiques rapides développées récemment, et dont certaines sont adaptées au genre d'essais effectués actuellement avec les méthodes BGYF et de minicolonnes. La chromatographie en phase gazeuse est également utilisée sous certaines conditions. Les chercheurs disposent donc de nombreuses méthodes d'analyse pour choisir un test approprié aux besoins spécifiques.

Détermination de l'aflatoxine B₁ dans les arachides par la méthode ELISA

V. Anjaiah, V.K. Mehan, S. Jayanthi et D.V.R. Reddy

Chercheur adjoint, Phytopathologue (arachide), Chercheur adjoint et Virologiste principal, Legumes Program, ICRISAT.

Le sérum albumine afla B₁-oximebovine, commercialisé sous le nom de Hapten, a servi à l'élaboration d'un antisérum chez des lapins. Ce produit est associé à la phosphatase alcaline enzymatique (Hapten-ALP) et utilisé dans l'essai ELISA adéquat pour la détection de l'aflatoxine B₁. Cette mycotoxine a été extraite avec le méthanol à partir des échantillons de graines d'arachide ayant subi une contamination naturelle ou celles artificiellement marquées.

Les parois d'une plaque de microtitrage en polystyrène sont enduites d'antisérum et les plaques sont ensuite lavées au produit PBS-tween; l'aflatoxine B₁ étalon ou les extraits des échantillons d'arachide ainsi que le conjugué Hapten-ALP y sont ajoutés avant incubation. Les plaques sont à nouveau lavées et la quantité de conjugué liée à l'anticorps est déterminée en y ajoutant le substrat p-nitrophénylphosphate.

Les avantages de Hapten-ALP par rapport aux conjugués toxine-enzyme classiques pour le test ELISA sont sa stabilité, sa simplicité et sa forte spécificité. La méthode est plus rapide et moins coûteuse que les procédés physico-chimiques de dosage des aflatoxines et possède un seuil de détection de l'aflatoxine B₁ inférieur à 50 pg.

Méthodes d'analyse des aflatoxines dans les arachides

D.M. Wilson

Professeur, Department of Plant Pathology, University of Georgia, Coastal Plain Experiment Station, Tifton, GA 31793, USA.

Il y a plusieurs approches au dosage des aflatoxines dans les arachides. Les arachides sont souvent contaminées par les deux aflatoxines B₁ et B₂ et moins souvent par l'ensemble B₁, B₂, G₁ et G₂; il convient donc de déterminer les valeurs analytiques qui représentent la teneur totale en aflatoxines. On considère soit la teneur totale, soit uniquement la teneur en B₁, selon le pays. On ne peut trop souligner l'importance des précautions à prendre dans la manipulation du matériel expérimental et des champignons producteurs d'aflatoxines.

Le contrôle visuel des lots suspects à cause de la présence des conidies du groupe d'*Aspergillus flavus*, n'est pas un essai chimique et n'empêchera pas la diffusion de certains lots contaminés. Les méthodes de criblage par mimicolonnes, quoique utiles doivent être accompagnées d'analyses quantitatives. Plusieurs méthodes de dosage des

aflatoxines par la chromatographie en couche mince (TLC) et la chromatographie liquide haute performance (HPLC) sont d'usage commun. D'autres nouvelles méthodes immuno-chimiques telles que la méthode immunoenzymatique de dosage des anticorps (ELISA) et celle de colonnes d'affinité sont de plus en plus perfectionnées. Les tests ELISA permettent à la fois la détection et le dosage. Cependant, ils sont sensibles à la température et nécessitent une maîtrise adéquate des conditions. La méthode des colonnes d'affinité est moins sensible à la température et peut être utilisée soit pour le dosage, soit pour la détection. Les méthodes chimiques et immuno-chimiques sont valables à condition que toutes les précautions soient prises et que le personnel soit bien formé. Les précautions et les analyses de confirmation appropriées sont d'importance capitale dans un laboratoire d'analyse.

Recherches sur la contamination des arachides par les aflatoxines : Généralités

Recherches sur les aflatoxines dans le cadre du programme "Peanut CRSP"

T.O.M. Nakayama

Professeur, University of Georgia et Directeur du Projet, Peanut Collaborative Research Support Program (CRSP), Georgia Experiment Station, Griffin, GA 30212, USA.

Le problème des aflatoxines est étudié dans sa totalité dans le cadre du Peanut Collaborative Research Support Program (Peanut CRSP). Ce programme comprend plusieurs volets : (1) la création des cultivars résistants à l'invasion des champignons aflatoxigènes; (2) la mise au point des techniques culturales permettant de minimiser les dégâts par les insectes qui favorisent l'invasion par les champignons; (3) la détoxification des arachides contaminées et de leurs produits; et enfin, (4) le triage des arachides contaminées. Compte tenu de l'importance de ce problème, il faudrait éliminer une grande partie des récoltes afin d'en enlever les aflatoxines. Les progrès réalisés dans chacun de ces domaines permettront d'obtenir des arachides de bouche exemptes d'aflatoxine.

Participation du Queensland Department of Primary Industries aux travaux sur les aflatoxines dans les arachides en Australie et en Indonésie

K.J. Middleton

Phytopathologue senior, Queensland Department of Primary Industries, J. Bjelke-Petersen Research Station, PO Box 23, Kingaroy, Queensland, 4610, Australia.

Les arachides cultivées pendant la saison des pluies au Queensland en Australie sont souvent fortement contaminées par les aflatoxines. Le Queensland Department of Primary Industries (QDPI), ayant pris connaissance du problème, a adopté plusieurs approches en vue de maîtriser la contamination et offre des services de recherche et d'encadrement aux producteurs.

Les services d'encadrement cherchent à sensibiliser les producteurs en ce qui concerne les causes provoquant la formation des aflatoxines et aux techniques de lutte utilisables au champ et dans les unités de décorticage.

La recherche assure son appui pour : l'établissement des contrôles de qualité au niveau industriel, la détermination des facteurs locaux qui favorisent le développement des aflatoxines et la conduite de l'essai International Groundnut *Aspergillus flavus* Nursery. Les services scientifiques coopèrent avec le secteur industriel, le Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) ainsi que l'Australian National University (ANU) dans le cadre de la recherche sur les aflatoxines.

Le projet sur l'arachide financé par l'Australian Center for International Agricultural Research (ACIAR), est situé en Indonésie et mené en collaboration avec les chercheurs du QDPI et ceux de l'Agency for Agricultural Research Development (AARD). Il devrait également étudier l'effet de la contamination par les aflatoxines au niveau de la production.

Problème des aflatoxines dans l'arachide en Indonésie

M. Machmud

Phytopathologue, Bogor Research Institute for Food Crops (BORIF), PO Box 368/800, Jalan Cimanggu, 3A, Bogor 16111, Indonesia.

La recherche sur les aflatoxines a débuté en 1969 en Indonésie. Entre 60 et 80% de la production commerciale des arachides était alors contaminée à des niveaux allant de 40 à 4100 $\mu\text{g kg}^{-1}$ de graines. Les arachides faisant l'objet du commerce de détail étaient les plus fortement contaminées.

Le traitement des graines d'arachide crues pour la fabrication des produits tels que le beurre d'arachide et les tourteaux fermentés réduit sensiblement la contamination. Les

études cliniques suggèrent une corrélation positive entre l'ingestion des aflatoxines et le cancer du foie chez l'homme.

Les recherches plus poussées sont nécessaires sur le rôle de l'infection par les champignons avant la récolte dans la contamination des arachides par les aflatoxines après la récolte, sur la maîtrise de la contamination des arachides stockées, ainsi que sur les interactions champignons x arachides x milieu qui favorisent l'élaboration des aflatoxines.

Etudes au champ sur *Aspergillus flavus* et sur les aflatoxines dans les cultures d'arachide en Australie

J.I. Pitt

Chercheur principal senior, Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO), Division of Food Research, Food Research Laboratory, PO Box 52, New South Wales 2113, Australia.

Au cours des dix dernières années, les aflatoxines ont posé un problème très grave chez les cultures d'arachide en Australie. Pendant la majeure partie de cette période, la division de la recherche sur les cultures vivrières de la Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization (CSIRO) a mené un projet axé sur les cultures commerciales, grâce à l'appui financier de l'Etat et des entreprises privées.

Ces recherches portent essentiellement sur une appréhension des variables qui influencent l'invasion des arachides par *Aspergillus flavus* et *A. parasiticus* ainsi que la production ultérieure des aflatoxines. Les éléments étudiés sont : les niveaux d'*A. flavus* dans le sol, les facteurs écologiques, les pratiques culturales qui influencent l'infection par *A. flavus*, l'influence des méthodes de séchage et de stockage sur le développement des aflatoxines.

A. flavus est présent à des niveaux détectables dans les sols cultivés en arachide de Kingaroy, tandis que le champignon est absent dans les sols non cultivés aux alentours. Le taux d'*A. flavus* dans les premiers varie considérablement de moins de 10^2 g^{-1} jusqu'à 10^5 g^{-1} . Le risque d'invasion est d'autant plus grand que le taux est plus élevé. On constate des taux systématiquement élevés dans certains champs. La variation du rapport *A. flavus*/*A. parasiticus* d'un champ à l'autre pourrait influencer l'invasion et la production des toxines.

D'après les observations, l'invasion des arachides par *A. flavus* a lieu avant la récolte. Même en cas d'un séchage inefficace, il n'y a pas d'invasion par le champignon après la récolte, donc aucune production d'aflatoxines. La production d'aflatoxines est négligeable lorsque les arachides sont encore en terre sauf pendant des saisons très sèches. Les aflatoxines sont donc produites après la récolte. Sous conditions favorables, les arachides mettent 6 à 10 jours à sécher au champ après la récolte; cette période est suffisamment longue pour la production d'aflatoxines qui atteignent des niveaux inacceptables. Le

séchage au champ n'est jamais assez rapide, même en saison sèche, pour garantir la non production d'aflatoxines avant le décorticage.

Etant donné que l'invasion par *A. flavus* avant la récolte est responsable des taux de contamination inacceptables, ce paramètre est retenu pour la prévision du niveau au décorticage. Cette méthode a donné des résultats satisfaisants, mais elle nécessite d'autres perfectionnements avant d'être d'utilité pratique.

Recherches sur les aflatoxines au National Research Centre for Groundnut en Inde

M.P. Ghewande, G. Nagaraj et P.S. Reddy

Phytopathologue, Biochimiste et Directeur, National Research Centre for Groundnut, Timbawadi PO, Junagadh 362 015, Gujarat, India.

Le potentiel des isolats d' *Aspergillus flavus* à produire des aflatoxines est étudié ainsi que la toxicité du filtrat pour les semences en germination et les plantules. En culture *in vitro* les isolats NRRL 3000 et V 3734/10 présentent des niveaux très élevés d'aflatoxine. Les filtrats de ces isolats et ceux de NRCG AFA se sont montrés les plus toxiques pour les semences et les plantules. Les cultivars commerciaux, le matériel en sélection et les espèces sauvages d' *Arachis* ont été évalués pour leur résistance à la colonisation *in vitro* des graines par les isolats d' *A. flavus* et à la production des aflatoxines. Les génotypes CGC 2, 1-4, CGC 7, S 230 issus des croisements S 230 x PI 337394F et Latur 33 x PI 337394F ainsi que les espèces sauvages *Arachis cardenasii* et *Arachis duranensis* se sont montrés résistants à la colonisation des semences par *A. flavus*. Tous les génotypes et trois espèces sauvages ont supporté une forte production d'aflatoxines; *A. cardenasii* et *A. duranensis* n'ont présenté que des niveaux négligeables.

Les tourteaux d'arachide commerciaux et deshuilés présentent des taux d'aflatoxines allant de 27 à 146 $\mu\text{g kg}^{-1}$. La capacité d'absorption de l'eau, les phénols présents sur le tégument séminal et la teneur en protéine des semences influenceraient le niveau de contamination. Les tests d'inoculation *in vitro* ont révélé que le trempage des semences dans plusieurs substances organiques et inorganiques conditionnent l'invasion des graines par *A. flavus* et la production des aflatoxines. Plusieurs méthodes de détoxification ont été examinées.

Contamination des arachides par les aflatoxines au Soudan et dans les pays des Caraïbes

B. Singh, A.S. Khalid, B. Magboul, B.O. Okezie, J.C. Anderson,
G.C. Wheelock, H. Jones et V. Caples

Professeur et Coordonnateur de Peanut CRSP, Food Science Department, Alabama A&M University, PO Box 274, Normal, AL 35762, USA, Chercheur, Food Research Centre, Khartoum, Soudan, Professeur et Maître assistant, Food Science Department, Alabama A&M University, Professeur et Maître assistant, Department of Agribusiness, Alabama A&M University et Professeur, Home Economics Department, Alabama A&M University.

Les analyses fondées sur les méthodes de Velasco et du Tropical Development Research Institute (TDRI) ont montré que la teneur en aflatoxine ne dépasse pas $15 \mu\text{g kg}^{-1}$ pour les échantillons de la campagne agricole 1983-1984 prélevés au niveau de la ferme dans deux régions au Soudan : une région pluviale (El Obeid) et une région irriguée (Wad Médani). Cependant, dans les échantillons prélevés sur les marchés de Khartoum et de Wad Médani, on trouve de l'aflatoxine dans les arachides crues ($945 \mu\text{g kg}^{-1}$), les arachides grillées ($517 \mu\text{g kg}^{-1}$) et la pâte d'arachide ($994 \mu\text{g kg}^{-1}$). La pâte préparée à partir d'arachides bien triées et nettoyées ne contient que $19 \mu\text{g kg}^{-1}$ d'aflatoxines. En 1984, parmi les 145 échantillons provenant de la Jamaïque et de St. Vincent, seulement 8 échantillons ont une teneur en aflatoxines supérieure à $20 \mu\text{g kg}^{-1}$. Les échantillons d'arachides grillées et de beurre d'arachide collectés sur les marchés en Jamaïque et au Trinidad n'ont pas une teneur détectable. Cependant, les produits à base d'arachide provenant de St. Vincent présentent parfois des taux très élevés allant jusqu'à $469 \mu\text{g kg}^{-1}$.

Colonisation par *Aspergillus flavus* et contamination par les aflatoxines des arachides au Soudan

N.E. Ahmed, Y.M.E. Younis et K.M. Malik

Phytopathologue, Botany and Plant Pathology Section, Agricultural Research Corporation, Gezira Research Station, Wad Medani, Sudan, Maître assistant et Etudiant, maîtrise ès sciences, Department of Applied Chemistry and Chemical Technology, Faculty of Science and Technology, University of Gezira, Sudan.

Les effets des régimes d'irrigation et de la date de récolte sur l'infection par *Aspergillus flavus* avant la récolte et la contamination des graines par les aflatoxines ont été étudiés chez quatre cultivars commerciaux et deux autres cultivars d'arachide. Les arachides sont indemnes et non contaminées lorsque les cultures sont irriguées à 1, 2 ou 3 semaines d'intervalle et que la récolte a lieu à la date normale ou bien une semaine avant ou après cette date. Il y a une faible colonisation (2,7-7%) lorsque les arachides sont laissées aux

champs six semaines après la récolte, sans, cependant, une contamination par les aflatoxines.

Les maladies de flétrissement ainsi que les dégâts d'insectes, en particulier les vers blancs et les termites, favorisent l'infection des graines par *A. flavus* (56,4-69,8%) avant la récolte et la contamination par les aflatoxines (18-21 $\mu\text{g kg}^{-1}$). Les arachides stockées pendant trois mois dans un endroit bien aéré où la température moyenne est de 15°C, sont faiblement colonisées et sans contamination. L'infection est d'autant plus intense que la durée de stockage est plus longue. Les arachides récoltées une semaine avant la maturation sont les plus infectées pendant le stockage; il n'y a pas de différence entre les génotypes. Les arachides stockées en sacs aux sites de décorticage ont été analysées; 4% en étaient contaminées avec une teneur moyenne des aflatoxines de 11 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Les échantillons prélevés dans les huileries présentent un niveau de contamination de 15% avec une teneur moyenne en aflatoxines de 20 $\mu\text{g kg}^{-1}$. 12% des échantillons d'arachides laissées aux champs pendant 2-3 semaines après la récolte des cultures expérimentales sur les périmètres irrigués de Gezira et de Rahad ont été contaminés avec une teneur moyenne en aflatoxine de 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Cette production est normalement destinée au traitement local.

Stockage traditionnel d'arachides et problèmes d'aflatoxines en Côte d'Ivoire : approches écologiques

A. Pollet, C. Declert, W. Wiegandt, J. Harkema
et Els de Lisdonk

Entomologiste et Phytopathologue, Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM), Centre d'Adiopodoume, 213, Rue Pupayesto, 75480, Paris, France, Ingénieur chimiste, Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit (GTZ), Laboratoire central de nutrition animale (LACENA), BP 353 Abidjan, Côte d'Ivoire et Etudiants de la technologie alimentaire, Department of Food Technology, Agricultural University, Wageningen, The Netherlands.

Les problèmes liés au stockage d'arachides ont été étudiés en Côte d'Ivoire pendant deux périodes successives de stockage (1985-1986 et 1986-1987) du point de vue de trois aspects différents : insectes nuisibles, dégâts dus aux moisissures et contamination par les aflatoxines.

Des échantillons ont été prélevés périodiquement des champs paysans dans les différentes régions arachidières de l'enquête et sur les marchés des villes et villages.

En général, les échantillons stockés localement sont un peu moins infectés que ceux prélevés sur les marchés. A part quelques exceptions, tous les échantillons présentent des taux mesurables d'aflatoxines. Cependant, le taux d'aflatoxines dans 7,9% des 434 stocks locaux examinés au cours de la période de l'étude dépasse le seuil de toxicité de 250 $\mu\text{g kg}^{-1}$, et s'élève même au-dessus de 1000 $\mu\text{g kg}^{-1}$ dans 4,4% des échantillons. 73% de ces échantillons présentent des taux supérieurs au niveau autorisé par la CEE de 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$.

Il y a une corrélation significative entre la contamination par les aflatoxines, d'une part, et les variables météorologiques et de stockage. Parmi ces variables figurent les caractéristiques physiques et l'âge des gousses ainsi que l'influence des conditions atmosphériques.

Aspects techniques de la recherche sur les aflatoxines dans les arachides : évolution d'un dispositif de contrôle des conditions d'environnement

**P.D. Blankenship, T.H. Sanders, J.W. Dorner,
R.J. Cole et B.W. Mitchell**

Ingénieur agronome, Physiologiste, Mycotoxicologiste et Directeur du Laboratoire, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA, ARS), National Peanut Research Laboratory, 1011 Forrester Drive, Dawson, GA 31742, USA et Ingénieur agronome, USDA, ARS, Southeast Poultry Research Laboratory, Athens, GA 31742, USA.

En 1980, le service de recherche agronomique de l'United States Department of Agriculture (USDA) a étudié et construit un dispositif de contrôle des conditions d'environnement au sein du National Peanut Research Laboratory. L'objectif en est d'examiner l'invasion des arachides par *Aspergillus flavus* avant la récolte, ainsi que la contamination ultérieure par les aflatoxines. Ce dispositif permet de créer des conditions de sécheresse et de contrôler la température du sol. Au départ, il comprenait six parcelles (12,2 m de longueur, 5,5 m de largeur, 1,8 m de profondeur) isolées, pouvant être couvertes par des toits amovibles électriques pour arrêter la pluie. La température de la géocarposphère est réglée grâce à des câbles de chauffage électrique avec contrôle thermostatique, et par des serpentins de refroidissement alimentés par l'eau froide. Les données sur les conditions du milieu sont obtenues par un système informatisé digital d'enregistrement des données à des intervalles de deux heures. Deux autres parcelles ont été récemment ajoutées à ce dispositif afin d'étudier l'importance respective des stress subis par la plante et par les gousses dans la contamination par les aflatoxines. Dans ces parcelles, la zone racinaire a été séparée de celle entourant les gousses dans le sol pour contrôle indépendant des conditions. Un système informatisé de contrôle de température et d'avertissement a été étudié et mis en place pour remplacer l'ancien système manuel. Ce dispositif permet de créer une diversité de conditions d'environnement nécessaires à ces études et les résultats obtenus jusqu'ici sont satisfaisants.

Les conditions d'environnement favorables à la contamination des arachides par les aflatoxines avant la récolte : récapitulation de sept ans de recherches

R.J. Cole, T.H. Sanders, J.W. Dorner et P.D. Blankenship

Microbiologiste et Directeur du Laboratoire, Physiologiste, Mycotoxicologiste et Ingénieur agronome, United States Department of Agriculture, Agricultural Research Service (USDA, ARS), National Peanut Research Laboratory, 1011 Forrester Drive, Dawson, GA 31742, USA.

Les conditions requises pour la contamination par les aflatoxines avant la récolte des arachides apparemment indemnes sont rappelées. Ces observations sont fondées sur les études menées à Dawson (Georgia) aux États-Unis pendant sept campagnes consécutives, sur six parcelles et sous conditions contrôlées. Le rôle de la température et de l'humidité dans la contamination par les aflatoxines avant la récolte a été établi. Les mesures préventives, notamment l'utilisation des variétés dites résistantes, l'apport de calcium et l'irrigation ont été également étudiées sur ces parcelles expérimentales. En l'absence d'une forte sécheresse prolongée, il n'y a pas de contamination malgré des taux d'infection allant jusqu'à 80% par les champignons aflatoxinogènes *Aspergillus flavus* et *A. parasiticus*. Il faut une sécheresse d'autant plus forte que la graine est plus grosse et plus mûre. Cette résistance plus grande des graines plus grosses et plus mûres est fondée sur la présence de phytoalexines. Les études effectuées en 1983 corroborent l'hypothèse que la contamination par les aflatoxines avant la récolte provient essentiellement du sol et non pas d'une invasion florale suite à la transmission du champignon par l'air.

Recherches sur la contamination des arachides par les aflatoxines : Résistance génétique

Evaluation des cultivars d'arachide pour leur résistance à *Aspergillus flavus*, *Aspergillus parasiticus* et à la contamination par les aflatoxines

R.E. Pettit, H.A. Azaizeh, R.A. Taber, J.B. Szerszen
et O.D. Smith

Maître assistant, Chercheur assistant, Chercheur et Chercheur adjoint, Department of Plant Pathology and Microbiology et Professeur, Department of Soil and Crop Sciences, Texas A&M University, College Station, TX 77843-2132, USA.

L'évaluation des cultivars d'arachide pour leur résistance aux aflatoxines doit considérer les conditions du milieu favorables au développement du groupe de champignons *Aspergillus flavus*. Les tissus végétaux infectés, l'époque de la pénétration, ainsi que les éléments physiques et biochimiques qui limitent l'invasion et la formation des aflatoxines doivent également être pris en compte. Les feuilles cotylédonaire infectées peuvent servir de source primaire d'inoculum. Les coques de tous les cultivars étudiés sont très sensibles à l'infection pendant leur développement; cependant, la pénétration du champignon à travers la coque dans la gousse varie selon le cultivar. La formation précoce des bandes sclérenchymatiques lignifiées rend les gousses plus résistantes à la pénétration des hyphes. L'infection des graines est influencée par les couverts du hile et du tégument séminal. De petits hiles et un tégument compact avec une couche cireuse épaisse sont essentiels à la résistance. La composition du tégument et de la gousse varie selon les cultivars. Les composés inhibiteurs dans les cotylédons ralentissent la croissance du champignon ou limitent la formation des aflatoxines. Des substances de la famille des tanins (umbelliférone et méthyl catechol) présentes parfois dans le tégument séminal permettent d'inhiber la croissance de *A. flavus*, et la formation des aflatoxines. La séparation électrophorétique par la dénaturation du sulfate dodecyl de sodium a révélé la présence de 20 polypeptides qui varient en fonction de la sensibilité des cultivars à *A. flavus*. L'isolation des différents constituants de la plante afin de détecter la présence de protéines spécifiques, de composés de la famille des tanins, de lignines, de phytoalexines et d'autres composés permettra d'établir une corrélation avec le niveau de résistance, facilitant ainsi la sélection des cultivars.

Recherche sur la résistance des variétés d'arachide à *Aspergillus flavus*

F. Waliyar et A. Bockelée-Morvan

Phytopathologue adjoint (arachide), Legumes Program, ICRI SAT et Directeur, Annual Oil Crops Division, Institut de recherches pour les huiles et oléagineux (IRHO), Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (CIRAD), 11 Square Petrarque, 75116 Paris, France.

Une quarantaine de génotypes ont été évalués au cours de quatre campagnes pluviales (1977-1980) pour la sélection de matériel résistant à l'invasion des graines par le champignon aflatoxinogène, *Aspergillus flavus* dans les champs. Ces essais ont été entrepris sur les stations de recherche de Bambey et de Darou au Sénégal. Des différences variétales significatives ont été observées dans le taux de contamination naturelle des variétés à la récolte. Il y a une corrélation positive entre la résistance dans les champs et la résistance mesurée antérieurement à la colonisation *in vitro* par *A. flavus* au cours des tests d'inoculation, réalisés au laboratoire.

La variété commerciale 55-437 s'est montrée très résistante à la fois dans les champs et au laboratoire. Deux autres variétés (73-30 et 73-33) également cultivées au Sénégal présentent une résistance moyenne.

D'autre part, le pourcentage d' *A. flavus* dans la mycoflore de la rhizosphère est inférieur pour les génotypes résistants à l'invasion des graines par *A. flavus* par rapport aux génotypes sensibles. Compte tenu de l'interaction entre les variétés et la mycoflore de leur rhizosphère, celles-ci peuvent également influencer la composition de la mycoflore du sol des champs d'arachide.

Présence d'aflatoxines et de souches aflatoxinogènes d'*Aspergillus flavus* dans des cultivars d'arachide en Egypte

Kh. Naguib, M.M. Naquib, M.M. Daib, A.F. Sahab et H. Amra

Food and Dairy Technical Laboratory, Mycotoxins Laboratory, and Plant Protection Laboratory, National Research Centre, Dokki, Cairo, Egypt.

L'utilisation de cultivars d'arachide résistants à l'invasion et à la colonisation des semences par *Aspergillus flavus* est un moyen pour empêcher ou réduire la contamination par les aflatoxines. Vingt-et-un cultivars obtenus de l'ICRISAT en Inde et un cultivar (Giza 4) provenant d'Egypte, qui servait de témoin, ont été testés pour leur capacité à être contaminés par les aflatoxines. Tous les cultivars peuvent être contaminés par les aflatoxines B₁ et B₂. Les quantités produites varient cependant selon les cultivars. Le taux le plus bas de la production totale des aflatoxines a été de 19180 µg kg⁻¹ de graines (cultivar Ah 7223) et le taux le plus élevé de 44290 µg kg⁻¹ (cultivar Giza 4).

Approche de l'ICRISAT pour les recherches sur le problème des aflatoxines chez l'arachide

D. McDonald

Phytopathologue principal (arachide), Legumes Program, ICRISAT.

Les recherches menées dans un grand nombre de pays dans les années 60 et au début des années 70 a permis une excellente compréhension des effets des pratiques culturales, du conditionnement de la production et des conditions de stockage sur la contamination des arachides et de leurs produits par les aflatoxines. Cependant, les recommandations proposées pour maîtriser ce problème ont été appliquées rapidement par les cultivateurs à forte technicité dans les pays à agriculture avancée, sans être adoptées par la majorité des petits paysans dans les pays en voie de développement. Les chercheurs travaillant sur l'arachide à l'ICRISAT ont donc décidé de concentrer leurs efforts sur l'identification et l'utilisation de la résistance à l'invasion des graines par *Aspergillus flavus* et à la production des aflatoxines.

Sélection des arachides résistant à l'invasion par *Aspergillus flavus* et à la production des aflatoxines

V.K. Mehan

Phytopathologue (arachide), Legumes Program, ICRISAT.

Les recherches menées dans plusieurs pays portant sur l'évaluation des réponses des arachides à la colonisation et à l'invasion par *Aspergillus flavus* et/ou à la production des aflatoxines, sont récapitulées ainsi que les acquis de l'ICRISAT dans ce domaine. Plusieurs méthodes de sélection au laboratoire et au champ ont été mises au point pour étudier cette résistance. Les études sur les effets des facteurs d'environnement sur l'invasion des gousses et des graines ont fourni des informations utiles au développement des méthodes de sélection au champ. Par exemple, la création d'une sécheresse artificielle a permis d'améliorer la sélection au champ à grande échelle de la résistance à l'infection avant la récolte. Plusieurs génotypes se sont montrés résistants, dont certains sont également résistants à la colonisation in vitro par *A. flavus*, dans les tests d'inoculation au laboratoire. Deux génotypes ont présenté de très bas niveaux d'aflatoxine B₁, lorsque les graines ont été colonisées par une souche d' *A. flavus* productrice d'aflatoxine.

Sélection des arachides pour la résistance des graines à *Aspergillus flavus* : analyse statistique des données

M. Singh, V.K. Mehan et D. McDonald

Statisticien, Phytopathologue (arachide) et Phytopathologue principal (arachide), ICRISAT.

Les facteurs d'environnement influencent l'intensité de l'infection des graines d'arachides par *Aspergillus flavus* et d'autres champignons. Ce phénomène complique la sélection du matériel résistant lorsque les essais sont effectués pendant plusieurs saisons et à divers sites, puisque les niveaux d'infection varient considérablement pour le même génotype. Des méthodes statistiques ont permis de classer les génotypes dans différentes catégories de résistance/sensibilité, et de donner une base sûre de comparaison entre les nouveaux génotypes à tester et les témoins pour différents sites. Cette approche a été également adoptée pour comparer le degré et la distribution de la résistance des types Spanish et Valencia. La mise au point de ces procédés statistiques facilitera l'interprétation des données obtenues dans différents sites expérimentaux.

Sélection pour la résistance à *Aspergillus flavus* chez l'arachide : résultats obtenus au Centre ICRISAT

M.J. Vasudeva Rao, S.N. Nigam, V.K. Mehan et D. McDonald

Sélectionneur (arachide), Sélectionneur principal (arachide), Phytopathologue (arachide) et Phytopathologue principal (arachide), Legumes Program, ICRISAT.

Les acquis au niveau international dans la sélection d'arachides résistantes à la colonisation des graines par *Aspergillus flavus* et à la contamination par les aflatoxines sont rappelés. La recherche menée à l'ICRISAT est décrite. La résistance se produit à divers niveaux, mais les travaux de sélection sont axés sur la résistance des téguments des graines mûres. A l'ICRISAT, les génotypes identifiés comme résistants à la colonisation in vitro des graines par *Aspergillus flavus* ont été croisés avec des cultivars sensibles ayant de bonnes caractéristiques agronomiques; ainsi, plusieurs lignées à résistance stable, à bon rendement et de bonne qualité ont été créées. L'hérédité de la résistance du tégument est étudiée. Les sélectionneurs devraient incorporer d'autres caractères de résistance.

Les polyphénols dans les génotypes d'arachide résistants ou sensibles à la colonisation des graines par *Aspergillus flavus*

R. Jambunathan, V.K. Mehan et Santosh Gurtu

Biochimiste principal, Phytopathologue (arachide) et Chercheur adjoint senior, ICRISAT.

Treize génotypes d'arachide, dont huit résistants et cinq sensibles à la colonisation in vitro des graines par *Aspergillus flavus* ont été étudiés dans le cadre d'essais répétés sur trois sites en Andhra Pradesh (Inde). Les téguments de ces génotypes ont été analysés par différentes méthodes pour la présence des polyphénols. On n'a observé aucune corrélation significative entre la colonisation et la teneur en polyphénols, ce qui corrobore une observation antérieure faite sur plusieurs génotypes en utilisant une seule méthode d'estimation des polyphénols.

Microflore géocarposphérique et résistance des cultivars d'arachide à l'invasion par *Aspergillus flavus*

S.Nahdi

Chercheur post-doctorat, Legumes Program, ICRISAT.

Adresse actuelle : Council of Scientific and Industrial Research (CSIR), Food and Drug Toxicology Centre, National Institute of Nutrition, Indian Council of Medical Research, Jamai Osmania PO, Hyderabad 500 007, India.

Quatre génotypes d'arachide, dont deux résistants et deux sensibles à la colonisation in vitro des graines par *Aspergillus flavus* (IVSCAF), ont été étudiés dans le cadre d'essais aux champs au Centre ICRISAT pendant les saisons pluviales de 1984 et 1985. L'examen de la microflore géocarposphérique a révélé des différences quantitatives et qualitatives significatives entre les génotypes. La population d' *Aspergillus flavus* est plus élevée dans les géocarposphères des génotypes sensibles par rapport aux génotypes résistants.

Les niveaux d'infection des graines par *A. flavus* ont été également étudiés pour différents génotypes à la récolte. Les génotypes sensibles au test IVSCAF montrent des taux d'infection plus élevés, dans les graines provenant de gousses mûres et intactes, que les génotypes résistants au test IVSCAF.

Dans un essai conduit en serre, les exsudats des gousses de quatre génotypes ont été ramassés. Les exsudats prélevés de deux génotypes résistants à IVSCAF ont inhibé la germination in vitro des spores d' *A. flavus* plus que les exsudats des gousses des génotypes sensibles à IVSCAF.

**Les ressources et services du Semi-Arid Tropical Crops
Information Service (SATCRIS) et la base des données sur les
aflatoxines**

L.J. Haravu

Chef, Library and Documentation Services, ICRISAT.

L'activité principale du projet SATCRIS au Centre ICRISAT, les caractéristiques de la base des données SATCRIS, ainsi que ses services de recherche et de diffusion des données sont présentés.

Procès verbaux des discussions en groupes

Groupe I : Evaluation et contrôle de la contamination de l'arachide et des produits à base d'arachides par les aflatoxines

Participants

Nom	Organisme	Pays
D. McDonald (Président)	ICRISAT	Inde
P. Subrahmanyam (Co-président)	ICRISAT	Inde
A. Bockelée-Marvan	IRHO	France
B. Coulibaly	AGC	Nigéria
R.D. Coker	ODNRI	Royaume-Uni
S. Nahdi	ICRISAT/NIN	Inde
J. Kannaiyan	Mskera RRS	Zambie
C.T. Kisyombe	Chitedze ARS	Malawi
A. Pollet	ORSTOM	France
R. Quitco	NAP HIRE	Philippines
P.S. Reddy	NRCG	Inde
M. Sabino	Instituto Adolfo Lutz	Brésil
B. Singh	Peanut CRSP	Etats-Unis

Le groupe a considéré principalement comment le problème des aflatoxines chez l'arachide est abordé au niveau des pays. Les participants étaient tous de l'avis qu'il était nécessaire dans beaucoup de pays, d'avertir les producteurs, les transformateurs et les consommateurs d'arachides et de produits à base d'arachides du danger que représente l'ingestion d'arachides ou de produits à base d'arachides contaminés par les aflatoxines pour la santé du bétail et éventuellement pour la santé humaine.

Les arachides sont rarement consommées seules dans un régime alimentaire humain ou animal et il a donc été estimé que les agriculteurs et tous ceux intéressés par des cultures telles que le maïs, le sorgho et le coton devraient prendre une part de responsabilité dans l'information des effets nocifs des aliments contaminés par les aflatoxines et destinés à la consommation humaine et animale.

Il a été recommandé que les pays producteurs d'arachides mettent en place des groupes de travail composés de représentants des :

- Organismes de recherches agricoles et de vulgarisation
- Organismes vétérinaires et de production animale
- Organismes de recherches médicales et de santé publique
- Organisations de commercialisation
- Associations de producteurs
- Associations d'agents de transformation
- Economistes, etc.

Un tel groupe pourrait tenter d'aborder le problème des aflatoxines de manière coordonnée, informer les autorités et envoyer des représentants pour participer aux réunions régionales ou internationales traitant de thèmes pertinents.

Le groupe a été d'avis que chaque pays devrait mettre au point un système d'évaluation et de suivi continu du problème des aflatoxines à tous les niveaux, y compris les secteurs 'exportation' et 'consommation domestique'.

Des méthodes normalisées, éprouvées et statistiquement acceptables d'échantillonnage et de dosage des aflatoxines, doivent être adoptées selon la technologie et le personnel disponibles et en fonction du degré de précision exigée. Certains laboratoires installés dans les pays en développement depuis les 25 dernières années n'ont que des moyens limités et ne peuvent utiliser que certaines méthodes. Le besoin de maintenir ces laboratoires, d'améliorer leurs équipements et de former leurs personnels dans les nouvelles techniques a été reconnu. Ces laboratoires représentent souvent les seuls moyens d'un pays et il ne faut pas les abandonner avant de pouvoir les remplacer de façon viable.

La formation dans le domaine des méthodes d'échantillonnage et d'analyse des aflatoxines est un besoin critique. Des stages de formation régionaux ont été préconisés afin d'améliorer les connaissances dans ce domaine.

Il a été reconnu que le moyen le plus efficace d'éviter la contamination des produits par les aflatoxines était d'empêcher l'invasion des arachides et des produits à base d'arachide par *A. flavus* à chaque stade de la production, du stockage et de la transformation.

On a recommandé qu'une priorité soit accordée à la mise au point de systèmes efficaces de détoxification destinés (a) aux unités de production industrielles et (b) aux unités de production villageoises, afin de tenir compte à la fois de la production de tourteaux et de la production d'huile.

Si tout le monde a été d'accord sur les bonnes perspectives pour l'élimination des aflatoxines dans le cas des arachides produites pour l'exportation, on n'était guère optimiste en ce qui concerne les possibilités d'améliorations immédiates dans le secteur important des arachides destinées à la consommation domestique.

On a noté, au cours de cet Atelier, que plusieurs participants avaient souligné le danger d'un détournement des arachides contaminées et non exportables, vers le marché local. Il a donc été recommandé que ceux chargés de la ségrégation des arachides fassent bien attention que les arachides hautement toxiques ne se retrouvent pas dans la filière alimentaire. Si les moyens existent, l'huile peut être extraite de ce matériel et détoxifiée

par la suite, mais les tourteaux ne seront vraisemblablement utilisables que sous forme d'engrais organique.

Les activités d'organisations telles que le Peanut CRSP et l'ODNRI dans la réalisation d'études sur les système locaux de transformation d'arachides destinées à la consommation humaine ont été approuvées par tous. Des conseils de méthodologie pour de telles études permettraient aux socio-économistes et aux experts d'économie domestique dans les pays en voie de développement de conseiller les agents de transformation et les consommateurs en s'appuyant sur des données fiables et complètes.

L'idée d'une base de données de documentation a été bien reçue par le groupe. La proposition de produire des bulletins d'information ou des manuels sur le contrôle de la contamination des arachides et des produits à base d'arachides par les aflatoxines a été fortement appuyée.

On a souligné le besoin de se réunir régulièrement afin d'échanger des informations et de coopérer dans le domaine des recherches. Ceci serait peut-être rendu possible par des réunions spéciales tenues en annexe des ateliers régionaux et internationaux, telle que la réunion sur les mycotoxines tenue conjointement avec l'International Plant Pathology Congress en Australie.

Groupe II : Méthodes analytiques applicables aux aflatoxines présentes dans les arachides et dans les produits à base d'arachides

Participants

Nom	Organisme	Pays
F.S. Chen (Président)	Université de Wisconsin	Etats-Unis
D.V.R. Reddy (Co-président)	ICRISAT	Inde
R.J. Cole	USDA-ARS	Etats-Unis
Xiao Daren	CAAS	Chine
T. Goto	NFRI	Japon
S. Moody	RSBS	Australie
J.D. Reed	ILCA	Ethiopie
I.A. Rana	NARC	Pakistan
A.H. Siwela	CSRI	Zimbabwe
M. Somabhi	FCRI	Thaïlande
R. Jambunathan	ICRISAT	Inde
N. Anjiah	ICRISAT	Inde
S. Jayanthi	ICRISAT	Inde

Le groupe a été d'avis que la taille de l'échantillon et les techniques de prélèvement doivent correspondre aux objectifs de l'étude. Pour des études de suivi, ou dans le cas d'un criblage des variétés pour leur résistance, par exemple, on préconise des échantillons de taille importante. Dans le cas des contrôles de qualité ou de la réglementation, il convient de suivre les méthodes d'échantillonnage normalisées officielles, telles que celles de l'Overseas Development Natural Resources Institute (ODNRI) (convient jusqu'au niveau de $30 \mu\text{g kg}^{-1}$) et les méthodes d'échantillonnage des Etats-Unis (préférable au niveau de $20 \mu\text{g kg}^{-1}$). Les procédés de sous-échantillonnage et de traitement des échantillons sont importants également. Il faut veiller à éviter la recontamination après l'échantillonnage en stockant les échantillons dans un endroit sec et frais.

Bien que plusieurs interlocuteurs et participants ont considéré que le test ELISA était un outil puissant de criblage des aflatoxines chez l'arachide, les méthodes bien établies, telles que la mini-colonne, ne devraient pas être abandonnées. Dans l'ensemble, on a considéré que le test ELISA ne pourrait être retenu qu'après une étude plus approfondie en collaboration et après avoir été accepté par l'Association of Analytical Chemists (AOAC). Néanmoins, d'autres pensent que le test Elisa rapide, par exemple, était une meilleure façon d'aborder le problème que le test ELISA (Quick-card).

Bien que des étalons d'aflatoxines existent dans le commerce, on a noté que la pureté de

ces matériels doit être vérifiée par la chromatographie en couches minces (CCM) et qu'il faut déterminer leurs concentrations en aflatoxines par spectrophotométrie. Il a été proposé de rendre disponibles, par des efforts "internationaux", des étalons d'aflatoxines. Des échantillons d'arachides ayant des teneurs en aflatoxines spécifiques (fournis par la Communauté Economique Européenne, CEE) pourraient être utilisés comme contrôles afin de vérifier l'aptitude à l'analyse et la performance de chaque laboratoire. La participation au programme d'échantillons de contrôle organisé par l'Agence internationale pour la recherche contre le cancer à Lyon, France, a été désignée comme un point d'interaction. On a recommandé la mise en place de programmes d'échantillons de contrôle au niveau régional et national.

Le groupe a conclu que seules les méthodes ayant fait l'objet d'une étude collaborative et ayant été retenues par une agence garantissant leur valeur, telle que l'AOAC ou la CEE, devraient être utilisées pour effectuer des contrôles de qualité ou des mesures officielles. D'autres méthodes comparables aux méthodes officielles pourront être utilisées dans le domaine de la recherche.

Le groupe a reconnu que le test ELISA est une méthode simple, sensible et spécifique d'analyse des mycotoxines, ayant un potentiel d'utilisation dans l'analyse quantitative des aflatoxines chez l'arachide en tant que test de criblage avec des limites de détection les plus basses, entre 5 et 10 $\mu\text{g kg}^{-1}$. Ce test pourrait être automatisé pour le criblage d'un grand nombre d'échantillons. Le coût élevé des kits ELISA dans le commerce, ainsi que la disponibilité et la stabilité des réactifs pourraient limiter son utilisation dans les pays en voie de développement. Bien que des études aient montré que les résultats obtenus par le test ELISA sont comparables à ceux obtenus par la chromatographie en couches minces (CCM) et par la chromatographie liquide à haute performance (HPLC), d'autres études comparatives restent néanmoins nécessaires. Des études sont actuellement en cours sur deux méthodes ELISA destinées au criblage des aflatoxines dans des matières premières agricoles, y compris les arachides. Si les résultats sont bons, ces deux méthodes sont susceptibles d'être retenues par l'AOAC. Il faut souligner que les études effectuées sur le test ELISA n'évaluent que les protocoles ELISA et servent à établir un ensemble de normes pour ELISA. En général, l'efficacité de chaque kit disponible dans le commerce devra être testée par les utilisateurs. Le groupe a recommandé que les critères suivants soient établis pour l'évaluation des protocoles des études en collaboration :

1. Plage standard et limites de détection (sensibilité);
2. Souplesse d'utilisation des divers solvants d'extraction;
3. Limites du rapport signal/bruit
4. Spécificité (relativité réciproque)
5. Reproductibilité (CV) et
6. Elimination des interférences dues à la matrice d'échantillonnage.

Le groupe a fortement recommandé la mise en place d'Ateliers régionaux sur la méthodologie d'analyse. De tels Ateliers devraient comporter des conférences, ainsi que des démonstrations au laboratoire, relatives à une méthodologie générale d'analyse, ainsi qu'aux méthodes ELISA appliquées aux mycotoxines. Des stagiaires provenant des pays en développement, présentant les qualifications et l'expérience appropriées, seraient invités à y participer. On a proposé qu'un comité spécial soit créé à cet effet.

Groupe III : Recherches sur les méthodes de lutte contre la contamination par les aflatoxines au niveau de la ferme

Participants

Nom	Organisme	Pays
K.J. Middleton (Président)	QDPI	Australie
R.C. Nageswar (Co-président)	ICRISAT	Inde
M. Arara	University College, London	Royaume-Uni
V. Ramanatha Rao	ICRISAT	Inde
M.J. Freire	UEM/ICRISAT	Mozambique
J.I. Pitt	CSIRO	Australie
M.J. Vasudeva Rao	ICRISAT	Inde
F. Waliyar	ICRISAT	Inde
S.N. Nigam	ICRISAT	Inde
P.D. Blankenship	USDA-ARS	Etats-Unis
R.J. Cole	USDA-ARS	Etats-Unis
V.K. Mehan	ICRISAT	Inde
R.S. Sandhu	FAO	Zambie
K.K. Shrestha	Department of Agriculture	Népal
R.E. Pettit	Texas A&M University	Etats-Unis
M.D. Raya	Department of Agriculture	Tanzanie
J.H. Williams	ICRISAT	Inde

Le groupe a considéré deux aspects majeurs de la lutte contre la contamination de l'arachide par les aflatoxines au niveau de la ferme : la mise au point d'un ensemble de pratiques utilisables par les fermiers des zones tropicales semi-arides, et l'identification de carences importantes dans la compréhension des facteurs qui gouvernent l'invasion ou non de l'arachide par le champignon toxigène accompagnée par la suite d'une contamination par les aflatoxines.

Le groupe a constaté qu'il existe déjà une grande quantité d'informations et de conseils permettant aux fermiers des tropiques semi-arides d'éviter, ou au moins de réduire de manière importante, la contamination de leurs arachides par les aflatoxines. On a conclu que le problème principal était un manque de conscience de la part des fermiers de la nécessité de suivre les pratiques préconisées pour lutter contre l'infestation des graines avant la récolte ainsi que pendant la conservation et le séchage post-récolte. Plusieurs pays ont fait d'excellentes recommandations pour la lutte contre les aflatoxines, par l'intermédiaire de leurs services de vulgarisation et d'autres devraient suivre leur exemple. La préparation de pratiques recommandées nécessite que les facteurs suivants soient

soulignés : l'importance de la sécheresse en fin de cycle, puisque les gousses sur les pieds qui se fanent de façon permanente au cours des 2-3 dernières semaines de maturation sont fortement susceptibles d'être contaminées par les aflatoxines; l'action des insectes dans le sol qui rend les gousses et les graines plus susceptibles à l'infestation par le champignon toxigène; le rôle possible d'une déficience en calcium vis à vis de l'infestation fongique des gousses; l'importance d'arracher les récoltes au bon moment, afin de réduire les proportions de gousses trop mûres ou trop immatures récoltées; la nécessité d'éviter d'abîmer les gousses pendant le battage/l'égoussage et le séchage, ainsi que le besoin d'assurer un lieu de stockage sec et bien aéré au niveau de la ferme. On a aussi considéré les possibilités, au niveau du village ou de la ferme, de la détoxification de l'huile d'arachide par l'utilisation d'argiles, d'exposition au soleil etc. Une réduction des risques de la contamination par aflatoxines au niveau de la ferme ou du village nécessitera la participation d'experts dans les domaines de la santé, de la nutrition et de l'économie domestique, ainsi que celle des agents de vulgarisation. On a constaté un besoin de former de tels agents afin de mieux les préparer à la vulgarisation des méthodes de lutte contre la contamination par aflatoxines, et on a recommandé la création d'un bulletin d'informations ou d'un manuel sur la lutte contre les aflatoxines chez l'arachide.

Les lacunes dans nos connaissances de la façon dont a lieu l'infestation des gousses et des graines d'arachide par les champignons toxigènes *A. flavus* et *A. parasiticus*, ainsi que les facteurs de l'environnement qui influencent cette infestation, ont été considérés. Il est important d'étudier la survie de ces deux champignons dans le sol des champs d'arachides et de découvrir comment le type de sol, les pratiques culturales, la température et le taux d'humidité influencent l'infestation. La production de seléroties pourrait être importante. La transmission d' *A. flavus* par les graines pourrait jouer un rôle dans l'accumulation de l'inoculum du champignon dans les sols plantés en arachides. Il avait été suggéré que les graines ayant une teneur moyenne en aflatoxines puissent être utilisées pour le semis. Tout le monde a été d'accord que ceci serait une pratique dangereuse, puisque de telles graines pourraient bien contenir un mycélium viable d' *A. flavus*, et qu'il existerait, dans des conditions défavorables à la germination, un risque d'échec total de la levée provoqué par la maladie d'aflaroot. Il avait également été suggéré que les arachides ou les tourteaux d'arachide puissent être utilisés sous forme d'engrais organique, ce qui serait éventuellement possible dans le cas des tourteaux, puisque la température élevée pendant l'extraction de l'huile aurait tué tout mycélium fongique présent; par contre, l'addition au sol de graines renfermant de l' *A. flavus* viable pourrait augmenter de manière importante la population de ce champignon et aggraver le problème de contamination dans les récoltes ultérieures. Il n'existe que peu d'informations sur la résistance des gynophores, des gousses et des graines à l'infestation par *A. flavus* et *A. parasiticus*. D'autres études sont nécessaires sur des variétés résistantes et sensibles, afin d'examiner l'infestation et la colonisation éventuelles des gousses et des graines. Une résistance chimique au niveau de la coque serait préférable à une telle résistance au niveau des graines, afin d'éviter tout danger anti-nutritionnel ou toxique suite à l'ingestion par l'homme ou par le bétail. On s'est intéressé aux recherches sur la production de phytoalexines dans les graines d'arachide, et il serait utile de pouvoir sélectionner une variété dont les graines gardent la capacité de produire des phytoalexines jusqu'à leur maturité.

Des informations déterminantes sur les mécanismes de résistance des gousses et des graines à l'infestation par les champignons faciliteraient beaucoup la sélection de variétés résistantes. La contribution des divers mécanismes à la résistance globale pourrait être évaluée et des techniques de détection de la résistance pourraient être améliorées. La sélection sur les caractères de résistance représente un but important à long terme.

Il a été convenu qu'une prospection globale de l'apparition des souches toxigènes et non toxigènes d'*A. flavus* et de *A. parasiticus* serait intéressante. Ceci nécessiterait une identification précise des deux espèces et une évaluation soigneuse de leurs populations dans la mycoflore du sol.

Le besoin de formation dans les méthodes de détection de la résistance, ainsi que dans l'analyse de la mycoflore du sol etc., a été mentionné. Des informations sur les méthodes de détection de la résistance pourraient être incluses dans les bulletins d'informations déjà proposés.

Groupe IV : Recherches sur des méthodes de lutte contre la contamination par les aflatoxines au niveau du stockage, du transport et de la transformation, etc.

Participants

Nom	Organisme	Pays
T.O.M. Nakayama (Président)	Peanut CRSP	Etats-Unis
J.A. Wightman (Co-président)	ICRISAT	Inde
R.V. Bhat	NIN	Inde
G. Chandrashekhar	IOPEA	Inde
C.L.L. Gowda	ICRISAT-AGLN	Inde
M. Machmud	BORIF	Indonésie
G.V. Ranga Rao	ICRISAT	Inde
M. Read	PMB	Australie
T. Shantha	CFTRI	Inde
D.B.T. Wijeratne	Directorate of Agriculture	Sri Lanka
H. Amra	NRC	Egypte
N.E. Ahmed	Gezira ARS	Soudan

Les discussions ont porté sur les problèmes de la contamination par les aflatoxines pendant la manipulation post-récolte, le stockage et la transformation des arachides. Il a été admis que le développement d'*Aspergillus flavus* et la production d'aflatoxines dans les produits à base d'arachides peuvent intervenir à tout moment, et, les conidies du champignon étant présentes presque à tout instant, le facteur principal qui détermine la contamination est la teneur en eau des arachides ou des produits. Le besoin de sécher les arachides afin d'arriver à une teneur en eau qui ne présente pas de risque a été souligné. Les graines stockées sont susceptibles de reprendre une teneur en eau suffisante pour permettre le développement d'*Aspergillus flavus*, s'il y a infestation des graines ou des gousses par les insectes, ou si les conditions hygrométriques restent élevées pendant plusieurs semaines. Les méthodes de surveillance et de lutte contre les infestations par insectes ont déjà été mises au point et sont déjà souvent appliquées dans des dépôts de stockage bien organisés. Dans la mesure du possible, les lieux de stockage ne doivent pas être localisés dans des zones d'hygrométrie élevée. Il a été proposé de demander à l'Unité d'Agroclimatologie de l'ICRISAT d'établir les données hygrométriques pour les zones principales de culture des arachides dans les divers pays pendant les mois suivant les récoltes. On a constaté que les arachides destinées à l'exportation étaient susceptibles d'être stockées dans des conditions très humides, près du port ou dans le port en attendant l'embarquement. Le problème de condensation dans la soute des navires transportant des produits des tropiques vers des régions tempérées peut aussi augmenter la teneur en eau

des arachides et provoquer le développement des champignons toxigènes, d'où le besoin d'analyser les envois une fois arrivés à leur destination, et d'effectuer une détoxification dans la région ou dans le pays de transformation si des mesures de protection contre la récontamination n'y étaient pas déjà mises en place.

L'efficacité des méthodes d'échantillonnage des arachides et des produits à base d'arachides a été discutée et les travaux effectués par l'Overseas Development Natural Resources Institute (ODNRI) dans le but d'affiner le plan du Tropical Production Institute ont été décrits. Ces travaux comportent des simulations par ordinateur et des recherches sur des modèles mathématiques appropriés, afin d'illustrer la répartition des aflatoxines dans des lots échantillonnés. On a souligné la nécessité d'utiliser des méthodes fiables et normalisées d'analyse des aflatoxines.

Le groupe a fortement exprimé le souhait de voir davantage de recherches sur la détoxification des arachides et des produits à base d'arachides. La contamination de lots de graines entières peut être réduite en éliminant toutes les graines portant des traces visibles de moisissure ou de décoloration. Néanmoins, il pourrait y avoir un problème en ce qui concerne l'utilisation des graines refusées. De telles graines risquent d'avoir une teneur en aflatoxines importante et ne doivent pas être utilisées pour la consommation humaine ou animale. Elles pourraient éventuellement être utilisées pour l'extraction d'huile, mais cette huile aurait probablement une teneur en acides gras libres plus élevée que d'habitude et nécessiterait également, sans doute, un traitement spécial afin d'éliminer les aflatoxines. La détoxification des tourteaux et de la farine d'arachide a été discuté en détail, un intérêt particulier étant accordé à l'utilisation de l'ammoniac. On a conclu que d'autres recherches étaient nécessaires pour clarifier la toxicologie éventuelle des produits détoxifiés. On a proposé que les produits soient détoxifiés au port de débarquement, vue l'existence de dispositions légales dans les pays importateurs relatives au stockage et à la transformation de produits entreposés.

Le besoin de formation en ce qui concerne la manipulation post-récolte des arachides, les méthodes de stockage, y compris la lutte contre les ravageurs et la production contre une réhydratation des produits, l'échantillonnage et l'analyse des aflatoxines et les procédés de détoxification a été reconnu par tous. On a proposé que l'ICRISAT informe les programmes et les institutions nationaux des stages partout dans le monde traitant des divers aspects du problème des aflatoxines, et crée les contacts entre les organisateurs de ces stages et les pays concernés afin de proposer des participants potentiels. On a fait mention plus particulièrement du stage annuel de 13 semaines organisé par l'ODNRI sur l'analyse des aflatoxines. Ce stage a pour but principal de former des formateurs potentiels, qui, par la suite, pourraient réaliser la formation dans leurs propres pays. La proposition de l'ICRISAT de produire un bulletin d'information sur la contamination des arachides par les aflatoxines qui fournit et les renseignements les plus récents sur les procédés de contrôle a été très bien reçue. Une connaissance accrue de l'importance des aflatoxines pourrait créer une demande plus importante de formation générale et spécialisée, ce qui nécessiterait une collaboration efficace entre les organisations régionales et internationales concernées par ce problème afin de répondre à cette demande.

Recommandations

L'Atelier a identifié les divers domaines de préoccupation en ce qui concerne la contamination des arachides par les aflatoxines et a proposé des recommandations qui sont rapportées en détail dans les Discussions en Groupes. Les recommandations globales de l'Atelier sont les suivantes :

Information et formation

L'Atelier a souligné le besoin de rendre les groupes internationaux, les gouvernements nationaux, l'industrie arachidière, les producteurs et même les consommateurs plus conscients du danger de la contamination des arachides et des produits à base d'arachides par les aflatoxines. Des organisations telles que la FAO, l'OMS et la CEE, etc., pourraient faire plus dans ce domaine et pourraient s'intéresser au problème des aflatoxines dans toutes les matières premières agricoles. Les gouvernements nationaux sont plus susceptibles de tenir compte des conseils de la FAO et de l'OMS que ceux venant d'autres organismes.

Le besoin de rendre plus disponibles des informations sur le problème des aflatoxines a également été souligné. L'ICRISAT a été encouragé à poursuivre la mise en place d'une base de données relative à la documentation existant sur ce sujet et à organiser la production de manuels ou de bulletins d'informations traitant des méthodes d'échantillonnage ou d'analyse et de la gestion des contrôle des aflatoxines chez l'arachide. On a également proposé que l'ICRISAT agisse en tant que centre de diffusion, fournissant à tous ceux concernés par le problème des aflatoxines des informations sur les stages de formation proposés, les Ateliers etc.

Stratégies

Les Groupes concernés, l'AGC, la CEE, la FAO et le Codex Alimentarius, doivent continuer leurs efforts pour établir une législation internationale standard en ce qui concerne les teneurs en aflatoxines légalement admissibles des arachides et des produits à base d'arachides destinés à la consommation humaine et animale. Au niveau national, on préconise que les pays mettent en place des groupes de travail pluridisciplinaires chargés de coordonner et d'évaluer le problème des aflatoxines dans le pays concerné, identifier un organisme compétent et organiser le suivi des teneurs en aflatoxines des aliments destinés à la consommation humaine et animale, et d'initier et coordonner des recherches visant la préparation de recommandations pour un contrôle à tous les niveaux. On doit veiller particulièrement à ce que les mesures de contrôle des teneurs en aflatoxines des

arachides destinées à l'exportation n'aggravent pas le problème en ce qui concerne les arachides destinées à la consommation locale.

Besoins en recherches

Les besoins en recherches doivent être clairement définis en tenant compte des problèmes rencontrés par chaque pays et selon les moyens du pays concerné; le travail doit être réalisé en faisant appel aux technologies les plus adaptées et doit être effectué par les organismes les plus appropriés. Dans beaucoup de pays, il sera nécessaire de former le personnel dans les nouvelles techniques, afin d'assurer des progrès rapides. Le besoin de coopération dans le domaine de la formation et de la recherche, à un niveau national et international, a été reconnu par tous.