

Amélioration de la qualité sanitaire de l'arachide au Sénégal : un challenge pour une opération de recherche-développement participative

Danièle Clavel¹
Arthur da Sylva²
Ousmane Ndoye³
Alain Mayeux¹

¹ Cirad
UMR AGAP
TA-A108/01
Avenue Agropolis
F-34398 Montpellier cedex 5
France
<clavel@cirad.fr>
<alain.mayeux@yahoo.fr>

² Isra
Asprodeb
8 Boulevard de l'Est x Rue 2 bis
Point E
Dakar
Sénégal
<arthursylva@yahoo.fr>

³ Coraf
7, avenue Bourguiba
BP 48
Dakar
Sénégal
<ousmane.ndoye@coraf.org>

Résumé

L'arachide est une culture au statut unique au Sénégal. Pratiquée par de petits agriculteurs familiaux, elle est à la fois culture de rente et vivrière, et donne lieu à de multiples formes de production et de transformation. Mais les sécheresses récurrentes et les contraintes économiques des producteurs ainsi que le manque de semences et d'infrastructures, notamment pour le séchage et le stockage des récoltes, constituent des freins à une production régulière et de qualité. Cet environnement est propice à l'infestation de l'arachide par l'*Aspergillus flavus* exposant massivement les populations locales à la contamination par l'aflatoxine des produits artisanaux de transformation de l'arachide. En outre, le durcissement des réglementations européennes sur les teneurs maximales en aflatoxines des arachides importées restreint fortement les possibilités d'exportation et accroît l'autoconsommation des graines susceptibles d'être contaminées. Nous relatons ici les résultats d'une opération participative conduite par l'organisation paysanne sénégalaise Asprodeb avec les petits producteurs et le concours de la recherche agricole afin de développer une production d'arachide saine et de qualité.

Mots clés : aflatoxines ; arachide ; production ; Recherche et développement ; Sénégal.

Thèmes : économie et développement rural ; productions végétales ; qualité et sécurité des produits ; transformation, commercialisation.

Abstract

Improving the health quality of groundnut in Senegal: A challenge for a participatory research and development action

Groundnut is a crop with a unique status in Senegal. It is grown by small family farmers and is both a cash crop and a food crop, giving rise to multiple forms of production and processing. However, because of the recurring droughts and the economic constraints on producers, along with a lack of seeds and drying and storage infrastructures, the product quality is low and irregular. This environment favours groundnut infestation by *Aspergillus flavus* exposing the local populations massively to contamination by aflatoxins in the products issued from small-scale local processing. In addition, European regulations on maximum aflatoxin contents in imported groundnuts has greatly restricted the export possibilities and increased on-farm consumption of groundnuts that are likely to be contaminated. We report here on the results of a participatory operation run by the ASPRODEB farmer association with small-scale producers and the support of agricultural research to develop healthy and good quality production.

Key words: aflatoxins; groundnut; production; research and development; Senegal.

Subjects: economy and rural development; food quality and security; processing, marketing; vegetal productions.

Pour citer cet article : Clavel D, da Sylva A, Ndoye O, Mayeux A, 2013. Amélioration de la qualité sanitaire de l'arachide au Sénégal : un challenge pour une opération de recherche-développement participative. *Cah Agric* 22 : 174-81. doi : 10.1684/agr.2013.0630

Tirés à part : D. Clavel

En janvier 2012, la « *Gazette du pays et du monde* », journal sénégalais en ligne, titrait « L'arachide retrouve ses lettres de noblesse » (Fidafrique, 2012). La formule utilisée sous-entend un contexte historique riche autour de cette spéculation majeure dans l'économie du pays. Depuis 50 ans, la « fin de l'arachide » a été, en effet, mainte fois prophétisée. La culture n'a pourtant jamais été abandonnée par les agriculteurs malgré les cycles de sécheresse, les crises de l'État, les programmes du Fonds monétaire international (FMI), la pauvreté, le déficit semencier et l'aflatoxine. Adoptée non seulement par les producteurs, mais aussi par les éleveurs, les cuisinières, les maraîchères, les petits transformateurs, les vendeurs à la sauvette, etc., son rôle économique et social au Sénégal est toujours central.

Cependant, l'arachide africaine est le substrat de prédilection d'*Aspergillus flavus*, champignon produisant principalement de l'aflatoxine B1, la plus toxique des aflatoxines (Cole et Cole, 1987 ; Waliyar *et al.*, 1994 ; Shephard, 2004). L'aflatoxine B1 est responsable de nombreuses affections notamment chez les enfants dont les plus graves sont les cancers du foie et les immunodépresseions. De plus, comme la présence de cette toxine déprécie fortement la valeur commerciale des produits arachidières, des tris sont pratiqués au niveau des exploitations et les arachides écartées, qui sont aussi les plus contaminées, sont consommées par les familles, du fait de l'absence de contrôles et de réglementations au Sénégal. Cette auto-consommation des écarts de tri expose fortement la population déjà fragilisée par les pénuries alimentaires (Shephard, 2004). Le renforcement des normes sanitaires pour l'exportation des produits arachidières particulièrement vers l'Europe fait ainsi courir un risque alimentaire accru chez les consommateurs les plus démunis des pays producteurs africains. Au Sénégal, les niveaux de consommation élevés de ces écarts de triage font de l'exposition à l'aflatoxine un problème majeur de santé publique.

Nous précisons dans un premier temps quelques étapes-clés du contexte agronomique et socioéconomique de la production. Nous relaterons

notamment quelles ont été les conditions qui ont permis aux recherches et expérimentations conduites sur l'aflatoxine et l'arachide d'atteindre leur cible. Nous présentons ensuite les résultats scientifiques saillants sur les variétés et les conditions de contamination qui ont concouru au renouveau de cette culture au Sénégal tout en limitant l'impact de l'aflatoxine sur la santé des populations.

Pourquoi l'arachide connaît-elle un tel succès au Sénégal ?

Pour comprendre les enjeux d'une production d'arachide saine au Sénégal, nous proposons d'en repérer quelques éléments déterminants au plan socioculturel et agroéconomique.

Une culture appréciée pour ses multiples utilisations et son comportement agronomique adaptés aux conditions de culture

L'arachide est, au Sénégal, cultivée par une multitude de petits producteurs pauvres constituant 75 % des agriculteurs du pays et contribuant encore pour 20 % au PIB. Elle demeure la culture dominante occupant à elle seule près du tiers des superficies agricoles malgré des rendements assez faibles (600 kg/ha, selon FAOSTAT, 2011) liés notamment au mauvais accès aux semences, à des sols pauvres et surtout à la sécheresse. L'arachide procure, en effet, aux familles rurales des revenus monétaires et contribue pour plus de 30 % à la consommation alimentaire. Les fanes et les tourteaux d'arachide assurent également l'alimentation animale et peuvent atteindre un prix important sur les marchés locaux en particulier lorsque la récolte en grains est faible. Les opportunités de revenus sont multiples : vente en gousses fraîches ou séchées, graines décortiquées, fanes, huile artisanale, tourteaux, pâte, etc.

Sur le plan agronomique, l'arachide est une légumineuse qui s'insère dans la rotation avec les céréales locales, mil et sorgho. Elle se satisfait bien des sols sableux et pauvres du Bassin arachidier sénégalais et exprime une forte capacité d'adaptation aux contraintes de sécheresse du climat soudano-sahélien. L'arachide est sobre ne requérant que peu ou pas d'engrais et peu de pesticides et, fait rare, aucune infrastructure post-récolte particulière n'était nécessaire avant la réduction pluviométrique qui a fortement touché le Bassin arachidier dans les années 1970 (Annerose et Diagne, 1990). Le climat sahélien, à saison des pluies courte et marquée, permettait un séchage direct au champ en andains après la récolte et un stockage en sacs, ce qui ne posait en général pas de gros problèmes durant la saison sèche.

Mais l'arachide est aussi le substrat de prédilection d'*A. flavus*, champignon du sol très courant dans les zones arachidières d'Afrique, qui produit principalement des aflatoxines notamment l'aflatoxine B1 (Mehan *et al.*, 1991a,b ; Shephard, 2004).

Évolution de la filière arachide au Sénégal

Depuis l'époque coloniale jusqu'à la fin des années 1970, l'arachide a incontestablement été la locomotive de l'économie rurale sénégalaise. À l'indépendance, la « traite de l'arachide » (le système colonial de production d'huile industrielle pour la France), fournissait 80 % des recettes d'exportation du pays et 42 % des emplois dans l'industrie (Casswell, 1984). Globalement, quatre périodes peuvent être distinguées dans l'histoire de la production d'arachide au Sénégal.

1960-1980 : le monopole de l'État

Dans les années 1960, la production de l'arachide avoisine 750 000 tonnes pour des capacités de trituration industrielle de l'ordre de 900 000 tonnes. En 1975, la Société nationale de commercialisation des oléagineux du Sénégal (Sonacos) est créée dans le but d'encadrer chaque maillon de la chaîne de production, de commercialisation et d'exportation. Sa filiale, la

Sonagraines, est chargée de la production et de la distribution des semences d'arachide. La semence, intrant stratégique, est distribuée aux producteurs en tenant scrupuleusement compte de la « carte variétale de l'arachide » mise au point par la recherche agronomique en fonction des zones pluviométriques (Clavel et Ndoye, 1997). La production et le marché sont protégés, encadrés, intégrés et centralisés. L'État fixe le prix et détient le monopole de la commercialisation, via l'Office national de coopération et d'assistance au développement ([Oncad], Cruise O'Brien, 1974). Théoriquement, le monopole étatique était total mais, très respectés, les commerçants de la confrérie « Mouride » prendront toujours le relais lorsque l'État montrera des défaillances au niveau de la collecte et de la commercialisation.

1980-1999 : sécheresses et désengagement de l'État

Le changement climatique des années 1970 a entraîné une « descente des isohyètes vers le sud », c'est-à-dire que dans la partie nord du Bassin arachidier, autour de la ville de Louga, la culture devient aléatoire même avec les variétés les plus précoces présentant une longueur de cycle de 90 jours (Clavel et Ndoye, 1997). Le déficit hydrique a généralement lieu à la fin du cycle, ce qui détériore la qualité des graines.

Les programmes dit « d'ajustement structurel » de la Banque mondiale et du FMI parachèvent la libéralisation de la filière : la Sonagraines ne distribue plus de semences, la production s'effondre, les usines ferment sous les effets conjugués de l'absence de semences et de la sécheresse sur la production. Dans les villages, on fabrique à nouveau de l'huile artisanale avec les arachides flétries, blessées ou altérées par les attaques d'insectes, « invendables » sur les marchés locaux. Dans ce contexte de sécheresses agricoles fréquentes, la demande est moins exigeante sur la qualité et les citadins recourent eux aussi massivement à cette huile artisanale fabriquée avec des arachides de mauvaise qualité, qui sont de véritables « bombes » pouvant contenir jusqu'à 60 µg/kg (ou ppb, parts per

billion ou parties par milliard) d'aflatoxine. Les populations locales se retrouvent massivement exposées au « risque aflatoxine ».

2000-2012 : le durcissement des réglementations européennes sur l'aflatoxine et le renouveau de la production de l'arachide

À cette période les programmes de « Grande offensive agricole pour la nourriture et l'abondance (Goana) » tendent à ramener l'arachide au rang d'une culture « ordinaire », ce qui entraîne de fortes mobilisations paysannes soutenues par le Conseil national de coopération et de concertation des ruraux (CNCR), la puissante organisation rurale sénégalaise et la filière survit.

Ce « délaissement » politique de l'arachide trouve sans doute aussi

une de ses causes dans le durcissement des réglementations de l'Union européenne (UE), principal importateur d'arachides africaines. La réglementation de l'UE concernant les teneurs limites maximales en aflatoxines B1 et en aflatoxines totales (somme de B1, B2, G1 et G2) des produits destinés à l'alimentation directe des hommes et des animaux est devenue plus stricte en 2002 (directive 2002/32/CE). L'UE fixe en effet les teneurs autorisées à 8,0 µg/kg d'aflatoxine B1 pour l'arachide soumise à un tri ou à d'autres traitements physiques avant consommation humaine, à 2,0 µg/kg d'aflatoxine B1 pour les arachides destinées à la consommation humaine directe et à 4,0 µg/kg pour les aflatoxines totales (directive CE 2002/32 et *Journal officiel de l'Union européenne* L 364/15/CE1881-2006).

Encadré 1

L'Asprodeb et le programme COM-STABEX Arachide

L'Association sénégalaise pour la promotion du développement à la base (Asprodeb) a été créée en 1995 par les fédérations nationales d'organisations d'agriculteurs, de pêcheurs et d'organisations féminines.

En 2008, l'Asprodeb se voit confier par l'État l'exécution du programme Cadre d'obligations mutuelles-Stabilisation des exportations (Com-Stabex) (2008-2009) liant l'Union européenne et le gouvernement sénégalais. Par cet accord l'Asprodeb est chargée de l'exécution de la composante « appui aux organisations paysannes » mis en œuvre dans la deuxième phase du programme des services agricoles et organisations de producteurs (PSAOP). L'objectif de ce volet est de faire émerger, au niveau local, une organisation autonome et professionnelle avec un fonctionnement démocratique, transparent capable d'assurer durablement la production de semences d'arachide. L'association accroît l'implication paysanne par la mise en œuvre d'un système financier décentralisé et de contrats de responsabilisation et d'autonomisation des producteurs de semences certifiées d'arachide dans le cadre d'un partenariat avec les services techniques et les banques. La démarche utilisée par l'Asprodeb a reposé sur :

- l'identification des producteurs semenciers dans les zones d'intervention ;
- l'accès à l'information et la sensibilisation des producteurs ;
- l'appui à l'organisation d'Assemblées Générales supervisées par les autorités administratives et locales.

Après deux campagnes, dix coopératives regroupant 3 153 producteurs semenciers ont été mises en place. Au terme de l'action, en décembre 2009, la production de semences de base a atteint 407 tonnes qui permettront de produire environ 38 000 tonnes de semences. La totalité de la production a été conduite par les producteurs semenciers regroupés au sein des coopératives. Leur mise en réseau, à la fin de l'action, ainsi que les appuis matériels et techniques fournis tout au long de la période de mise en œuvre, a installé et structuré un dispositif professionnel paysan pour la production de semences certifiées. L'Asprodeb a édité, en 2012, un livret de capitalisation présentant les résultats très encourageants de cette opération.

Source : Asprodeb, rapport COM-STABEX Arachide (2010) ; Fidaction N° 11 (2008) ; Asprodeb, livret de capitalisation (2012).

La relance de la recherche-développement pour une arachide de qualité

En 2003, une opération pilote de production d'arachide de qualité démarre dans la région du Siné Saloum au sud de Kaolack (village de Paoskoto). Elle est commanditée par l'Agence nationale de conseil agricole et rural (AnCAR), en accord avec l'Association sénégalaise pour la promotion du développement à la base (Asprodeb) et associe le Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad). À partir de 2005, l'Asprodeb prend seule en charge la supervision de cette action dans le cadre du Programme des services agricoles et Organisations de producteurs (PSAOP) financé par la Banque mondiale (*encadré 1*). Rompant avec les habitudes passées, l'Asprodeb instaure un véritable partenariat avec la recherche nationale. Elle souhaite que plus de responsabilités soient confiées aux producteurs dans une gestion participative et intégrée du « risque aflatoxine ».

L'opération « test » de Paoskoto est un succès, notamment grâce à la mise en œuvre d'une politique semencière pragmatique et réaliste avec de nouvelles variétés à cycle très court fournies par la recherche. Elle prévoit un renouvellement trisannuel des semences certifiées et un appui à la production de semences personnelles « de ferme » de qualité. L'opération pourra se poursuivre en 2007-2008, avec l'appui financier de la Banque mondiale et du Fonds international pour le développement agricole (Fida) dans le cadre du programme Cadre d'obligations mutuelles-Stabilisation des exportations (Com-Stabex) arachide de l'Union européenne (*encadré 1*).

Lutte contre le « risque aflatoxine » : des connaissances à l'action

Les aflatoxines, qui sont les plus dangereuses des mycotoxines, sont

des métabolites secondaires toxiques produits par certaines moisissures. L'un de leurs substrats de prédilection est l'arachide qu'elles peuvent contaminer au champ pendant la saison de culture (pré-récolte), lors du séchage et du stockage si les conditions sont trop humides et/ou si des attaques d'insectes ont lieu (post-récolte). Parmi les aflatoxines, l'aflatoxine B1, très majoritaire sur l'arachide africaine, est la plus toxique des mycotoxines synthétisées par les *Aspergillus* de la section *Flavi*. Elle est à l'origine notamment de cancers primaires et de cirrhoses du foie (Wild et Hall, 2000) faisant de nombreuses victimes parmi les enfants d'Afrique de l'Ouest (Gong *et al.*, 2003 ; Bankole *et al.*, 2005 ; Egal *et al.*, 2005). Le vecteur de l'aflatoxine B1 est un champignon du sol, *A. flavus*, parasite faible très répandu dans les sols sableux tropicaux africains.

La réduction pluviométrique importante qui a touché le Sahel dans les années 1970 a particulièrement affecté le bassin arachidier sénégalais (Annerose et Diagne, 1990 ; Khalfaoui, 1991 ; Clavel et Ndoye, 1997). En réponse, dès le début des années 1980, l'Institut sénégalais de

recherche agricole (Isra) et le Cirad ont mis en œuvre des programmes de sélection pour améliorer l'adaptation à la sécheresse de l'arachide. Un de ces programmes visait à créer des variétés à cycle très court (80 jours au lieu de 90 jours, niveau de précocité maximal) permettant d'échapper, au moins partiellement, au déficit hydrique de fin de cycle devenu fréquent avec la nouvelle donne pluviométrique (Khalifaoui, 1991 ; Clavel et Annerose, 1995 ; Clavel *et al.*, 2004).

Suite à ce programme, l'Isra et son Centre d'étude régional pour l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse (Ceraas) lancent, avec leurs partenaires français du Cirad, un programme soutenu financièrement par la Commission européenne (Project « Groundnut-aflatoxin », N° ICA4-CT-2001-10007, FP5) sur la recherche de variétés tolérantes à l'aflatoxine et l'identification des conditions de production permettant de limiter le risque d'aflatoxine (Cirad, 2006). Ce projet a été l'occasion de rassembler les connaissances et les savoir-faire permettant de produire une arachide de qualité et de limiter le risque d'exposition des populations africaines à l'aflatoxine. ■

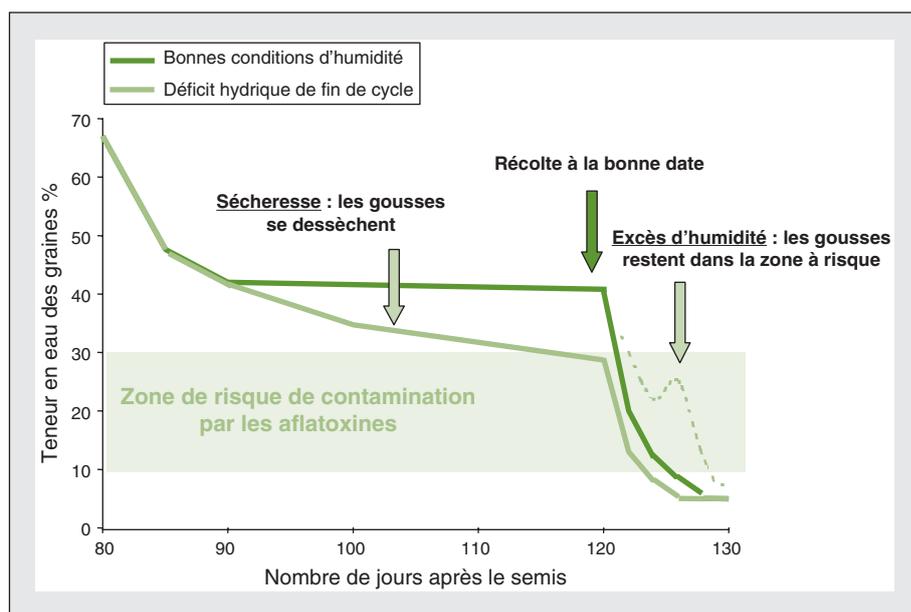


Figure 1. Effets des conditions hydriques sur la teneur en eau des graines d'arachide durant la fin du cycle de culture et à la récolte et sur le risque de contamination par l'aflatoxine.

Figure 1. Effects of water regime on the groundnut kernel moisture content during the growing cycle and at harvest and on aflatoxin contamination risk.

Adapté de The Department of Agriculture, Fisheries and Forestry, Queensland Government, Australia : http://www.daff.qld.gov.au/26_11900.htm

Des conditions climatiques de plus en plus favorables à la contamination par l'aflatoxine

Il est établi qu'une température du sol supérieure à 23-26 °C et des conditions de déficit hydrique de fin de cycle de culture favorisent l'infestation par *A. flavus* et la contamination subséquente de l'arachide par les aflatoxines (Blankenship *et al.*, 1984 ; Cole *et al.*, 1985 ; Mehan *et al.*, 1991a,b). Or, ce sont ces conditions de température qui prévalent dans les sols sableux des régions sub-sahéliennes pendant la saison de culture de l'arachide.

Le nouveau régime pluviométrique du bassin arachidier sénégalais a, par conséquent, accentué le risque aflatoxine du fait de saisons des pluies plus souvent perturbées par un déficit hydrique en fin de cycle de culture (Annerose et Diagne, 1990 ; Khalfaoui, 1991 ; Clavel *et al.*, 2004) ou par l'occurrence fréquente de pluies isolées alors que les récoltes sèchent en andains en plein champ. Dans ces régions sub-sahéliennes, la contamination par les aflatoxines en pré-récolte domine donc largement (Mehan *et al.*, 1991a,b) mais elle n'exclut pas un risque de contamination des gousses pendant le séchage au champ lors d'une pluie tardive. En outre, les gousses qui mûrissent en conditions de déficit hydrique sont plus souvent attaquées par des insectes du sol, ce qui accentue la pression d'infestation par *A. flavus* au champ et lors du stockage. La *figure 1* illustre la zone de « risque aflatoxine » maximal en termes de teneur en eau des gousses d'arachide dans les conditions de champ. Elle montre les deux sources principales de risque pour la contamination de l'arachide : à l'occasion d'un déficit hydrique de fin de cycle ou lors du séchage au champ si une ré-humidification des andains se produit.

Le mécanisme de la contamination de l'arachide par les aflatoxines et la résistance variétale

Il a été montré que le déficit hydrique survenant pendant la phase terminale

du cycle perturbe la maturation des gousses ; cela entraîne leur dessèchement précoce avant que la maturité physiologique ne soit atteinte (Sanders *et al.*, 1981, 1985 ; Cole *et al.*, 1985 ; Dorner *et al.*, 1989). Ce dessèchement lent expose l'arachide à l'infestation par le champignon vecteur pendant une durée plus longue et occasionne un déficit de production par la plante de phytoalexines et de composés phénoliques et tanniques, substances reconnues pour leurs propriétés protectrices et antifongiques. L'allongement de la phase sensible et la baisse en agents protecteurs constitueraient les causes majeures de l'infestation par le champignon et de la contamination par les aflatoxines (Dorner *et al.*, 1989 ; Strange et Subba Rao, 1994).

La conjugaison de différents facteurs au champ (sol, température, sécheresse) entraîne des interactions hôte-parasite variables et très complexes,

difficiles à simuler en milieu contrôlé (Clavel, 2002). C'est pourquoi la sélection variétale est difficile. À ce jour, aucune variété totalement résistante n'a pu être identifiée ou sélectionnée (Anderson *et al.*, 1995 ; Holbrook *et al.*, 2000). Tous les tests variétaux conduits font état de résultats variables d'une localité à l'autre et d'une année à l'autre concernant les niveaux de sensibilité des cultivars (Mehan *et al.*, 1991a ; Waliyar *et al.*, 1994). En outre, les tests d'infestation artificielle des graines en laboratoire et les tests conduits au champ donnent souvent des résultats contradictoires (Anderson *et al.*, 1995 ; Mehan *et al.*, 1991b ; Holbrook *et al.*, 2000).

Néanmoins, une forte relation entre la précocité des génotypes – qui permet d'échapper à la sécheresse – et la résistance à l'aflatoxine a été observée sur des génotypes dont les longueurs de cycles sont contrastées. Cette relation n'est pas retrouvée dans les

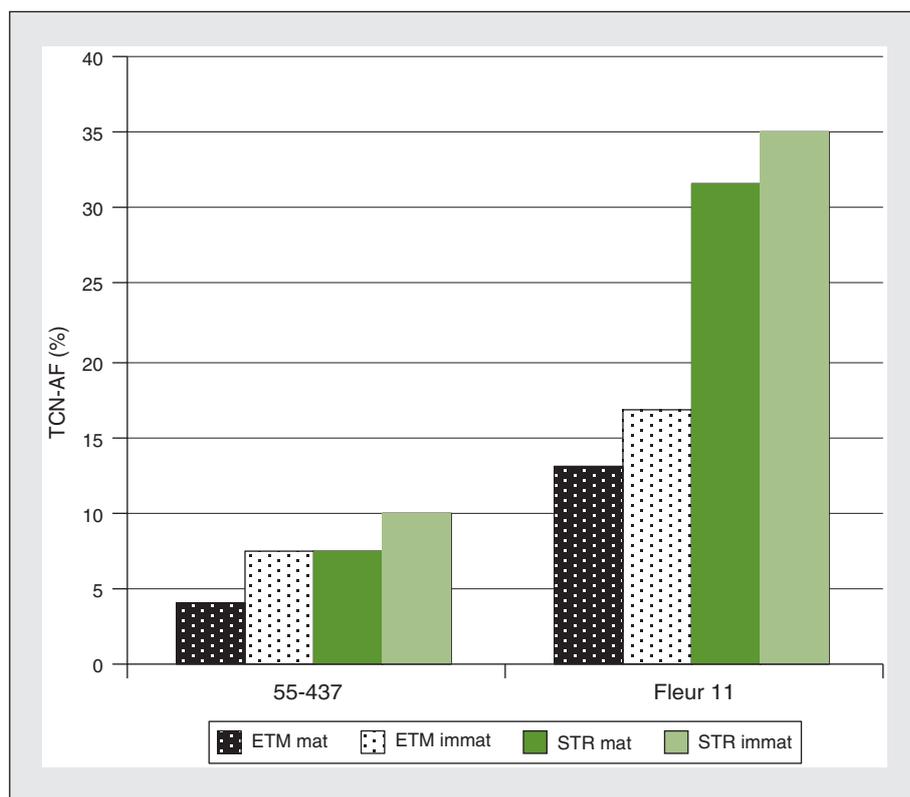


Figure 2. Effet des niveaux de maturité des gousses et du régime hydrique sur le taux de colonisation des gousses par *A. flavus* au champ (TCN AF %) sur les variétés précoces 55-437 (résistante) et Fleur 11 (sensible).

Figure 2. Effect of pod maturity and water regime on seed colonisation by *Aspergillus flavus* (TCN AF %) under field conditions for the two early groundnut cultivars 55-437 (resistant) and Fleur 11 (sensitive).

mat : gousses mures ; immat : gousses non mures ; ETM : évaporation maximale ; STR : stress hydrique en fin de cycle.

résultats obtenus dans la station expérimentale de Bambey en 2004 sur deux cultivars sénégalais de 90 jours, 55 437 et Fleur 11, tous deux bien adaptés aux conditions de culture locales (Mortreuil, 1993).

Les figures 2 et 3 donnent les niveaux d'infestations par *A. flavus* et de contamination par les aflatoxines en conditions de déficit hydrique contrôlé au champ à Bambey pendant la saison de culture sur ces deux cultivars. On observe que le niveau de maturité des graines est un facteur majeur de la sensibilité à la contamination par les aflatoxines. La stratégie du cultivar 55-437 pour éviter la sécheresse est associée à la petite taille de ses graines qui mûrissent plus vite que celles du cultivar Fleur 11 dont les graines sont plus grosses et mûrissent mal en conditions de sécheresse. Par ailleurs, les graines mûres de 55-437 sont plus résistantes

à l'infestation par le champignon et la contamination par l'aflatoxine que les graines mûres de Fleur 11. Le cultivar 55-437 présente donc une résistance intrinsèque qui limite la contamination quelles que soient les conditions d'alimentation en eau.

Ce système variétal a permis de préciser que l'un des facteurs majeurs de la résistance en pré-récolte à l'aflatoxine réside bien dans la capacité de maturation des graines sous forte contrainte hydrique et non à la seule précocité des génotypes (Clavel *et al.*, 2006 ; Clavel et Brabet, sous presse). Ce résultat confirme et précise les observations antérieures (Dorner *et al.*, 1989) indiquant qu'une bonne maturation des graines est en relation avec leur activité en eau qui favorise une bonne production de phytoalexines par la plante (Dorner *et al.*, 1989 ; Strange et Subba Rao, 1994).

Gestion du « risque aflatoxine » dans la filière de production et de transformation

Les connaissances acquises sur la physiologie de la résistance à la sécheresse de l'arachide ont permis de préciser les facteurs édaphoclimatiques, physiologiques et variétaux conditionnant l'infestation par *A. Flavus* et la contamination par les aflatoxines en pré-récolte, ainsi que les mesures préventives (variétés, itinéraires techniques, etc.) permettant de contrôler la contamination au champ et après la récolte. Ces résultats ont permis d'alimenter l'opération de développement de Paoskoto grâce à l'instauration de phases de dialogue et d'échange entre la recherche et l'opération de développement conduite par l'Asprodeb.

L'objectif de l'opération de l'Asprodeb était le développement d'une filière arachide de qualité dans les communautés rurales pour une valorisation des produits sur les marchés locaux et internationaux. Quatre nouvelles variétés créées par les programmes de sélection pour la résistance à la sécheresse conduits par l'Isra et le Cirad depuis 1984 (Khalfaoui, 1991 ; Clavel *et al.*, 2006) ont été utilisées dans l'opération de développement. Dans un de ces programmes, le matériel végétal de base utilisé était constitué de lignées très précoces (cycle de 80 jours) issues de descendance de la variété 55-437, variété la plus cultivée au Sénégal et qui constitue le meilleur témoin de résistance à l'aflatoxine pour l'Afrique (Waliyar *et al.*, 1994 ; López *et al.*, 1998 ; Drame *et al.*, 2007). Deux nouvelles variétés de 80 jours, issues de ce programme de réduction de la durée du cycle de 55-437, la variété GC8-35 (Fall *et al.*, 2012a) et la variété 55-33 (Fall *et al.*, 2012b), ont été utilisées dans l'opération de Paoskoto. Deux autres variétés de 80 jours, issues d'un autre programme pour l'adaptation physiologique à la sécheresse (Fall *et al.*, 2012c ; Fall *et al.*, 2012d), sont aujourd'hui utilisées et produites par des paysans semenciers encadrés par l'Asprodeb (*encadré 1*).

La démarche mise en œuvre avec les producteurs d'arachide est inspirée d'une procédure de contrôle à

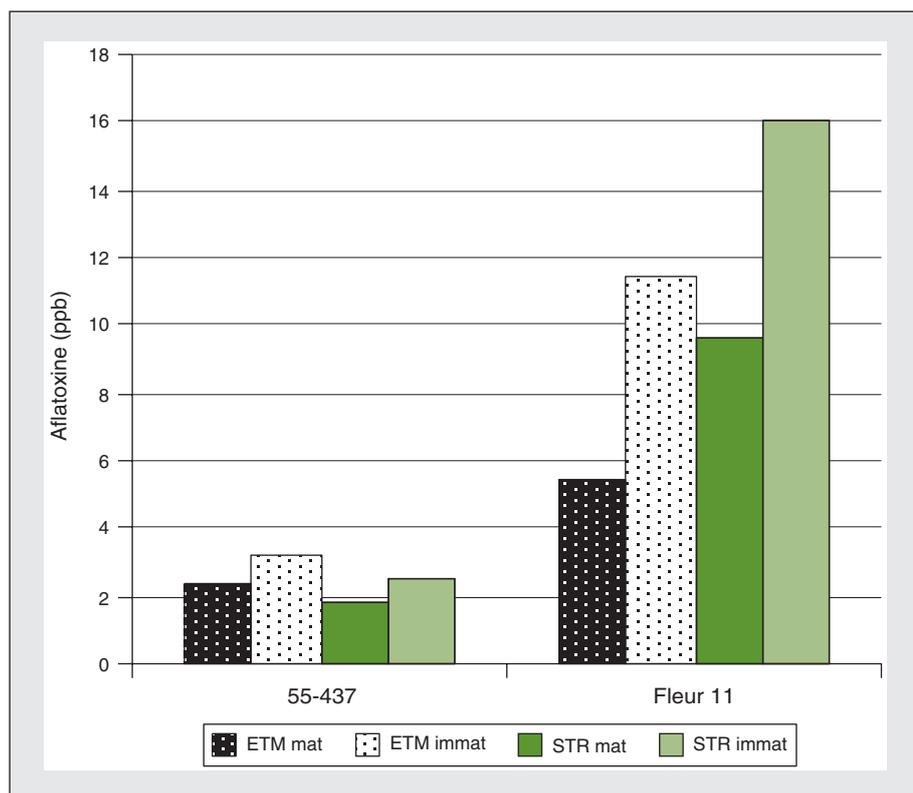


Figure 3. Effet des niveaux de maturité des gousses et du régime hydrique sur le taux de contamination par les aflatoxines au champ (Aflatoxine, ppb) sur les variétés précoces 55-437 (résistante) et Fleur 11 (sensible).

Figure 3. Effect of pod maturity and water regime on aflatoxin contamination (Aflatoxine, ppb) under field conditions for the two early groundnut cultivars 55-437 (resistant) and Fleur 11 (sensitive).

mat : gousses mûres ; immat : gousses non mûres ; ETM : évaporation maximale ; STR : stress hydrique en fin de cycle.

Tableau 1. Mesures préconisées pour prévenir la contamination des gousses d'arachide par les aflatoxines aux étapes de récolte, séchage/égoussage et stockage.

Table 1. Measures to prevent the groundnut pod aflatoxin contamination by aflatoxin at harvest, post harvest and storage stages.

Étapes de la filière arachide	Mesures préventives préconisées
Récolte	Suivre la maturité des gousses selon le test colorimétrique de l'intérieur des coques Récolte à la bonne date: trop tôt : les gousses sont immatures et mal remplies, elles se dessèchent (fragilisation) au lieu de mobiliser les substances protectrices ; trop tard : le risque de regermination au champ et les attaques d'insectes constituent les portes d'entrée les plus fréquentes des champignons aflatoxinogènes
Séchage et égoussage	Confection d'andains aérés pour éviter l'humidité Égoussage en vert et séchage rapide des gousses (teneur en eau < 8 %) ou battage mécanisé Tri des gousses : élimination des gousses attaquées par les insectes, déformées ou dont les extrémités présentent une pourriture noire
Stockage à la ferme	Sous abri propre, protégé et aéré Sacs propres et neufs n'ayant pas servi à stocker d'autres grains Commercialisation après 3 à 10 semaines de stockage

certaines points critiques de la chaîne de production, la méthode « *bazard analysis critical control point* » (HACCP) utilisée dans le contrôle de la sûreté alimentaire. Les « bonnes pratiques agricoles » qui en découlent (Nicolaidis, 2000) s'inscrivent dans une approche intégrée qui concerne à la fois la production, la transformation et le stockage des graines et relèvent de la responsabilité de tous les acteurs de la filière. Chaque point critique de la filière est optimisé sur la base des contraintes agro-climatiques, selon les pratiques culturales ainsi que des circuits de collecte et de commercialisation maîtrisables par les producteurs et les autres acteurs. Quelques mesures préventives préconisées sont données, à titre d'exemple, dans le *tableau 1*, elles passent par l'utilisation de semences de bonne qualité, issues de variétés adaptées qui sont ensuite cultivées suivant un itinéraire technique approprié. À la récolte, l'élimination par les producteurs des gousses endommagées contribue fortement à l'amélioration de la qualité. Dès les premières applications, ces mesures ont permis d'augmenter de plus de 30 % les rendements en gousses et de 20 % les rendements en bonnes graines, commercialisables en tant qu'arachide de bouche (Mayeux *et al.*, 2006).

Conclusion

L'opération test de Paoskoto a permis l'appropriation des résultats de recherche dans le cadre d'une opération de développement local. Elle a pu être étendue grâce à la recherche-développement participative conduite par l'Asprodeb avec les petits producteurs. L'intérêt pour l'agriculture africaine de conduire ses propres recherches est confirmé par la réussite de l'opération de développement d'une production d'arachide de qualité intégrant la production de semences dans des conditions correspondant aux besoins des agriculteurs. L'objectif est non seulement d'améliorer la sécurité alimentaire et de générer des revenus, mais aussi de contribuer à la transformation sociale et économique des collectivités rurales en les responsabilisant dans la gestion des risques, notamment ceux induits par l'aflatoxine.

Dans le cas décrit ici, trois éléments furent déterminants : l'existence d'une organisation paysanne volontariste, de producteurs d'arachide motivés et la présence de quelques personnes qui ont su faire le lien et établir la confiance entre le monde de la recherche et celui de la production. À l'heure actuelle, l'Asprodeb et ses partenaires travaillent à consolider et à stabiliser, institutionnellement

et financièrement, ces coopératives, notamment par de la formation et des appuis à différents niveaux de la chaîne de production, de stockage, de collecte et de commercialisation. Ces activités sont réalisées avec le soutien financier du programme de facilité alimentaire (UE-FIDA-CEDEA) lancé en 2010. ■

Références

- Anderson WF, Holbrook CC, Wilson DM, Matheron ME, 1995. Evaluation of preharvest aflatoxin contamination in several potentially resistant peanut genotypes. *Peanut Science* 22 : 29-32.
- Annerose DJM, Diagne M, 1990. Characterization of agricultural drought in semi-arid zones. 1. Description of simple assessment model applied to cultivated groundnut in Senegal. *Oléagineux* 5 : 547-57.
- Asprodeb, 2010. *Stabex arachide 03/08/Subvention Asprodeb «Professionnalisation». Rapport narratif final de l'action*. Dakar : Asprodeb. www.asprodeb.org/IMG/pdf_Com_Arachide_Rapport_narratif_final.pdf
- Asprodeb, 2012. *Une expérience rurale novatrice : la production de semences certifiées d'arachide par des coopératives au Sénégal*. Dakar : Asprodeb. www.fidafrique.net/article3235.html
- Bankole SA, Ogunsanwo BM, Eseigbe DA, 2005. Aflatoxins in Nigerian dry-roasted groundnuts. *Food Chemistry* 89 : 506-9.
- Blankenship PD, Cole RJ, Sanders TH, Hill RA, 1984. Effect of geoscarposphère temperature on pre-harvest colonization of drought-stressed peanuts by *Aspergillus flavus* and subsequent aflatoxin contamination. *Mycopathologia* 85 : 69-74.

- Casswell N, 1984. Autopsie de l'Oncad, la politique arachidière au Sénégal de 1966 à 1980. *Politique africaine* 14 : 39-73. www.politique-africaine.com/numeros/pdf/014039.pdf
- Cirad, 2006. *FP5-CONTRAT ICA4-CT-2001-10007 /Groundnut-aflatoxin. Consolidated Scientific Final Report of the Project: New tools for groundnut aflatoxin control in the Sahel Africa for the Period 2001-2006*. Montpellier : Cirad. www.icrisat.org/aflatoxin/ICA4-CT2001-10007_%20Final%20consolidated%20scientific%20report.pdf
- Clavel D, Annerose DJM, 1995. Genetic improvement of groundnut adaptation to drought. In: Risopoulos S, ed. *Research Projects. Summaries of the Final Reports STD2, UE-DG12*. Wageningen.
- Clavel D, Ndoye O, 1997. La carte variétale de l'arachide au Sénégal. *Agriculture et développement* 14 : 41-6.
- Clavel D, 2002. Biotechnologies et arachide. *Oléagineux Corps gras Lipides* 9 : 206-11.
- Clavel D, Sarr B, Marone E, Ortiz R, 2004. Potential agronomic and physiological traits of Spanish groundnut varieties (*Arachis hypogaea* L.) as selection criteria under end-of-cycle drought conditions. *Agronomie* 24 : 1-8.
- Clavel D, Diouf O, Khalfaoui JL, Braconnier S, 2006. Genotypes variations in fluorescence parameters among closely related groundnut (*Arachis hypogaea* L.) lines and their potential for drought screening programs. *Field Crops Research* 96 : 296-306.
- Clavel D, Diouf O, Drame NK, Diedhiou P, Tossim HT, et al., 2006. *Physiological processes of pre-harvest contamination (WP1). Annexe 1*. In : Rapport final du Projet "New tools for groundnut aflatoxin management in Sahel Africa", N°ICA4-CT-2001-10007. Montpellier : Cirad. www.icrisat.org/aflatoxin/ICA4-CT2001-10007_%20Final%20consolidated%20scientific%20report.pdf
- Clavel D, Brabet C, (sous presse), Mycotoxins in nuts. In : Harris L, ed. *Improving the safety and quality of nuts*. Londres : Woodhead Publishing Ltd.
- Cole RJ, Dorner JW, Sanders TH, Hill RA, Blankenship PD, 1985. Mean geocarposphère temperatures that induces pre-harvest aflatoxin contamination of peanuts under stress. *Mycopathologia* 91 : 41-6.
- Cole RJ, Cole EH, 1987. *Handbook of toxic fungal metabolites*. New York : Academic Press.
- Cruise O'Brien DB, 1974. *The Mourides of Senegal. The political and economy organization of an islamic brotherhood*. Oxford : Clarendon Press.
- Dorner JW, Cole RJ, Sanders TH, Blankenship PD, 1989. Interrelationship of kernel water activity, soil temperature, maturity, and phytoalexin production in preharvest aflatoxin contamination of drought-stressed peanuts. *Mycopathologia* 105 : 117-28.
- Drame KN, Clavel D, Repellin A, Passaquet C, Zuily-Fodil Y, 2007. Water deficit induces variation in expression of stress-responsive genes in two peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars with different tolerance to drought. *Plant Physiology and Biochemistry* 45 : 236-43.
- Egal S, Hounsa A, Gong YY, Turner PC, Wild CP, Hall AJ, et al., 2005. Dietary exposure to aflatoxin from maize and groundnut in young children from Benin and Togo, West Africa. *International Journal of Food Microbiology* 104 : 215-24.
- Fall C, Khalfaoui JL, Clavel D, Mayeux, A, 2012a. Certificat d'Obtention Végétale N° 00060, variété d'arachide GC 8-35, ISRA et CIRAD, Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (OAPI), Arrêté N° 2/044/OAPI/DG/DGA/DPI/SBCT/Yaoundé, le 31 mars 2012. Yaoundé : OAPI.
- Fall C, Khalfaoui JL, Clavel D, Mayeux, A, 2012b. Certificat d'Obtention Végétale N° 00061, variété d'arachide SRV 1-19, ISRA et CIRAD, Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (OAPI), Arrêté N° 2/045/OAPI/DG/DGA/DPI/SBCT/Yaoundé, le 31 mars 2012. Yaoundé : OAPI.
- Fall C, Khalfaoui JL, Clavel D, Mayeux, A, 2012c. Certificat d'Obtention Végétale N° 00062, variété d'arachide 55-33, ISRA et CIRAD, Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (OAPI), Arrêté N° 12/046/OAPI/DG/DGA/DPI/SBCT/Yaoundé, le 31 mars 2012. Yaoundé : OAPI.
- Fall C, Khalfaoui JL, Clavel D, Mayeux, A, 2012d. Certificat d'Obtention Végétale N° 00063, variété d'arachide 73-9-11, ISRA et CIRAD, Organisation Africaine de la Propriété Intellectuelle (OAPI), Arrêté N° 12/047/OAPI/DG/DGA/DPI/SBCT/Yaoundé, le 31 mars 2012. Yaoundé : OAPI.
- Fidaction n° 11, 2008. *Interview Ousmane Ndiaye directeur de l'Asprodeb*. www.ifad.org/newsletter/pa/f/11.htm#7
- Fidafrique, 2012. L'arachide retrouve ses lettres de noblesse. *La Gazette* 140. www.fidafrique.net/article3149.html
- Gong YY, Egal S, Hounsa A, Turner PC, Hall A, Cardwell KF, Wild CP, 2003. Determinants of aflatoxin exposure in young children from Benin and Togo, West Africa: the critical role of weaning. *International Journal of Epidemiology* ; 556-62.
- Holbrook CC, Kvien CK, Rucker KS, Wilson DM, Rucker KS, Kvien CS, et al., 2000. Preharvest aflatoxin contamination in drought-tolerant and drought-intolerant peanut genotypes. *Peanut Science* 27 : 45-8.
- Khalfaoui JL, 1991. Determination of potential lengths of the crop growing period in semi-arid regions of Senegal. *Agricultural and Forest Meteorology* 55 : 251-63.
- López Y, Keller NP, Sarr B, Phillips TD, Cuero RG, Smith OD, 1998. Visual estimation of aflatoxin production in peanut with *Aspergillus norsoloriinic* acid mutants. *Peanut Science* 25 : 92-9.
- Mayeux A, et al., 2006. *Integrated Aflatoxin Management (WP4), Annexe 4*. In : Rapport final du Projet New tools for groundnut aflatoxin management in Sahel Africa N°ICA4-CT-2001-10007. Montpellier : Cirad. www.icrisat.org/aflatoxin/ICA4-CT2001-10007_%20Final%20consolidated%20scientific%20report.pdf
- Mehan VK, Mayee CD, Jayanthi S, McDonald D, 1991a. Pre-harvest seed infection by *Aspergillus flavus* group of fungi and subsequent aflatoxin contamination in groundnuts in relation to soil types. *Plant Soil* 136 : 239-48.
- Mehan VK, Ba A, Mc Donald D, Renard JL, Nageswara Rao RC, Jayanthi S, 1991b. Field screening for groundnut to seed infection by *Aspergillus flavus*. *Oléagineux* 46 : 109-15.
- Mortreuil JC, 1993. Une nouvelle variété pour l'Afrique, Fleur 11. *Oléagineux* 48 : 99-102.
- Nicolaidis L, 2000. L'assurance qualité par le secteur privé : des « Bonnes Pratiques » à la démarche HACCP à la gestion totale de la qualité. In : Hanak H, Boutrif E, Fabre P, Pineiro M, eds. *Gestion de la sécurité des aliments dans les pays en développement, Actes de l'atelier Cirad-FAO, 11-13 décembre 2000*. Montpellier : Cirad. www.infotheque.info/cache/7681/wwwwww.cirad.fr/colloque/fao/fr/communications.html
- Sanders RJ, Cole R, Blankenship PD, Hill RA, 1985. Relationship of environmental stress duration to *Aspergillus flavus* invasion and aflatoxin production of preharvest peanuts. *Peanut Science* 12 : 90-3.
- Shephard GS, 2004. Mycotoxins worldwide: current issues in Africa. In : Barug D, van Egmond H, Lopez-Garcia R, van Osenbruggen T, Visconti A, eds. *Meeting the Aflatoxin menace: proceedings of the 2nd World mycotoxin forum*. Nordwijk, the Netherlands, 17-18 February 2003Wageningen : Wageningen Academic Publishers.
- Strange RN, Subba Rao PV, 1994. The phytoalexin response of groundnut and its role in disease resistance. *Oléagineux* 49 : 227-33.
- Waliyar F, Ba A, Bonkougou S, Bosc JP, 1994. Sources of resistance to *Aspergillus flavus* and Aflatoxin contamination in groundnut genotypes in West Africa. *Plant disease* 78 : 704-8.
- Wild CP, Hall AJ, 2000. Primary prevention of hepatocellular carcinoma in developing countries. *Mutation Research* 462 : 381-93.