

**RAPPORT D'ACTIVITES DU CIRAD
(Partenaire N° 1)**

NOVEMBRE 2004-OCTOBRE 2005

D. CLAVEL
O. DIOUF
A. MAYEUX
H. TOSSIM
O. DIALLO
P. DIEDHIOU
S. BRACONNIER

RAPPORT CIRAD : PREMIERE PARTIE

Mise au point d'un dispositif expérimental en serre pour l'étude en de la contamination de l'arachide par l'aflatoxine en pré récolte (WP1)

La recherche présentée a été conduite de façon conjointe par le CIRAD et le CERAAS. Elle vise à la maîtrise expérimentale des conditions permettant de mettre en évidence des réponses variétales stables par rapport à la contamination en pré-récolte. Le modèle utilisé comprend 2 à 3 variétés présentant un cycle court (90jours) soumises à un déficit de fin de cycle en serre. L'étude conduite en 2005 fait suite aux études des années précédentes qui avaient été réalisées sur un sol non stérile. Elle vise spécifiquement à mettre au point un traitement de témoin absolu (sol stérile) qui avait échoué en 2004.

Cette étude a donné lieu à la soutenance d'un Master Sciences de la Vie et de la Santé à l'Université de Bordeaux 2 (France) dont le responsable est le Dr BARROSO. La partie pratique de ce travail a été réalisée au CERAAS sous la responsabilité du Dr O. DIOUF.

Ont participé à ce travail :

- Oumar DIALLO (Master, Université de Bordeaux II)
- Dr Danièle CLAVEL (CIRAD)
- Dr Omar DIOUF (CERAAS)
- Dr Pape DIEDHIOU (ENSA, Thiès)
- Hodo TOSSIM (CERAAS)

1. Introduction

La majeure partie des évaluations de variétés par rapport à l'aflatoxine ont fait état de résultats conflictuels entre les tests en laboratoire sous infestation artificielle et les tests au champ, et d'une forte variabilité entre les localités (Mehan et al., 1991; Waliyar et al., 1994; Anderson et al., 1995; Holbrook et al., 2000). A ce jour, aucune variété totalement résistante n'a pu être identifiée ou sélectionnée (Anderson et al., 1995; Holbrook et al., 2000) du fait de la complexité de l'infestation en pré-récolte qui intervient sous l'effet conjugué de plusieurs facteurs en particulier du déficit hydrique (Cole et al., 1985; Sanders et al., 1985). La sélection s'est principalement heurtée à un manque de répétabilité des résultats et à un défaut de connaissance sur les mécanismes physiologiques de contrôle de l'infestation en pré-récolte.

L'activité décrite a débuté en 2002. Elle rentre dans le cadre d'une étude comprenant des essais au champ et des essais en serre en conditions de déficit hydrique de fin de cycle. Son objectif est la recherche d'indicateurs environnementaux, physiologiques et variétaux caractérisant l'infestation en pré-récolte. L'étude conduite en 2005 avait pour objectif spécifique de préciser les conditions expérimentales en serre permettant de créer un environnement favorable à la contamination par l'aflatoxine en pré-récolte. Les effets des facteurs intervenant dans la contamination ont été analysés afin d'améliorer la compréhension des mécanismes de l'infestation au niveau du végétal et de faciliter les criblages variétaux.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel biologique

Le matériel végétal utilisé était constitué par deux variétés d'arachides vulgarisées au Sénégal:

- 55-435 (V1), Spanish, variété à port érigé peu ramifié, et cycle court (90 jours), largement utilisée dans cette zone et considérée comme le cultivar africain le plus résistant à l'aflatoxine.
- Fleur 11 (V2), Spanish, également à cycle court (90 jours) généralement sensible à l'aflatoxine. Cette variété est de plus en plus cultivée au Sénégal du fait de sa forte productivité et de sa bonne stabilité de rendement en conditions de déficit hydrique.

Le matériel fongique avec lequel les inoculations artificielles ont été réalisées était une souche d'*A. flavus* (Af) isolée à partir d'un échantillon de sol de la station expérimentale de Bambey (Sénégal) régulièrement emblavé en arachide.

2.2. Conditions générales d'expérimentation

Les variétés ont été cultivées en pots dans la serre du CERAAS située à Thiès (Sénégal) où les conditions de température et d'hygrométrie sont régulées grâce à un système de circulation d'eau associé à une soufflerie.

Le contrôle de la température du sol dans les pots était assuré par 8 sondes-sol de type «HOBO». Pour la répétition une, les deux sondes ont été placées sur les unités expérimentales (ue) 1, 9, 18 et 32 pour les plants stressés et sur les ue 2, 14, 23, et 27 pour les plants bien alimentés en eau. Ces sondes ont été placées le 7^e jas (jours après semis). Deux sondes-air ont été placées à environ 50 cm au-dessus des pots constituant les répétitions une et trois situées aux deux extrémités du gradient d'humidité inhérent au système de refroidissement de la serre afin d'évaluer la température et l'humidité de l'air.

Un suivi phytosanitaire des plants a été réalisé en pulvérisant, au besoin, les plantes avec un insecticide systémique, le Diméthoate à 300g/ml.

La récolte a eu lieu le 103^e jas après semis au lieu des 90 jours prévus car le niveau de maturité des gousses était insuffisant après 90 jours de culture.

2.3. Préparation des pots et semis

Le milieu de culture était de la terre prélevée des horizons superficiels (0-10 cm) d'un sol provenant d'une sole de Bambey régulièrement emblavée en arachide pendant l'hivernage. C'est un sol très sableux, de type «Dior», caractéristique des sols ferrugineux faiblement lessivés sur lesquels pousse l'arachide en Afrique Sub-saharienne. Il contient un faible pourcentage d'argile (7 à 9%), une teneur en matière organique très limitée (0,3 et 0,6 %) et un pH neutre (6,5). Ce sol a été tamisé et stérilisé 2 fois à l'autoclave à 120°C, pendant 1 heure. Les pots de culture utilisés étaient constitués par des seaux d'un diamètre de 27 cm et d'une hauteur de 27 cm dont le fond a été tapissé de graviers (basalte) sur 3 cm d'épaisseur avant remplissage. Les pots ont été remplis avec 10 kg de la terre constituant le milieu de culture, tamisée et stérilisée à l'autoclave. Une partie de la terre servant de substrat n'a pas été stérilisée à l'autoclave afin de disposer de pots de contrôle (C). Ces pots étaient destinés à permettre un meilleur suivi de l'état nutritionnel des plantes des pots contenant de la terre stérile afin de pouvoir faire effectuer une correction dans l'alimentation minérale au besoin.

La capacité au champ (cc) du sol a été calculée avant le semis afin de déterminer les quantités d'eau à apporter pendant la culture. Pour cela, trois pots ont été pesés précisément pour obtenir leur poids secs (ps), avant d'être arrosés à ETM (Evapotranspiration maximale) dépassée et réessuyés pendant 24 heures. Les pots ont été repesés pour obtenir leur poids humide (ph). La différence entre ph et ps représente la capacité maximum d'eau évaporable du sol ou cc. Elle a été évaluée à 2,15 kg.

Avant semis, les graines ont été traitées par poudrage au «granox» (Captafol 10%-Benomyl 10%-Carbofuran 20%) à 2g/kg et mises à pré-germer pendant 48 heures. Le semis a été réalisé 24 heures après arrosage à la capacité au champ de l'ensemble des pots à raison de 2 graines pré-germées par pot. Un démariage à une plante par pot a été effectué au 8^e jas.

2.4. Alimentation minérale et hydrique des plantes

L'irrigation a été effectuée 3 fois par semaine (lundi, mercredi, vendredi). La quantité d'eau apportée par arrosage est fonction de l'état de développement de la plante. La solution nutritive a été apportée avec l'arrosage du lundi seulement jusqu'au 30^e jas. A partir du 31^e jas, l'irrigation avec la solution nutritive a été apportée deux fois par semaine: lundi et vendredi à la suite de l'apparition de carence en éléments nutritifs. La concentration de la solution nutritive a été augmentée progressivement à partir du 30^e jas, au fur et à mesure de la croissance des plantes passant de 15% au 30^e jas à 35 % (concentration finale) au 52^e jas. Afin d'éviter la percolation, les irrigations additionnées par la solution nutritive ont été réalisées en deux apports avec un minimum d'intervalle d'1 heure entre les deux fractions.

La solution a été préparée avec l'eau de pluie puisée des réservoirs du CERAAS. La solution de référence utilisée est celle du Docteur Luis Pérez Aranda (*Université Libre de Bruxelles*) adaptée à la plupart des espèces. Cette solution comprend les 6 macro-éléments, de base, azote (KNO₃), phosphore (Na₂HPO₄), soufre (MgSO₄.7H₂O), potassium, (KNO₃), calcium, CaCl₂.2H₂O) et magnésium (MgSO₄.7H₂O), apporté sous forme d'ion et 6 oligo-éléments, fer (Fe²⁺), bore (H₂BO₃⁻), cuivre (Cu²⁺), zinc (Zn²⁺), manganèse (Mn²⁺) et molybdène (Mo⁶⁺). Une solution mère est préparée pour chaque élément en dissolvant la masse de sel correspondante dans 1 litre d'eau distillée par agitation magnétique pour obtenir une solution 1000 x concentrée. La détermination de la masse de sels à dissoudre pour chaque solution a été effectuée grâce au logiciel de préparation de solutions nutritives, SOLNUT (*Laboratoire de Physiologie végétale, INA-PG*).

Le stress hydrique a été imposé à partir de 62 jas par suspension partielle de l'arrosage à des quantités allant de 50 %ETM à 25 %ETM.

2.5. Infestations artificielles

L'infestation artificielle de la terre par *Af* a eu lieu le 31^e jas par la méthode de Dorner *et al.* (1998) modifiée. L'inoculum était constitué par 10g de riz infesté, versé dans un sillon creusé autour des plants (Figure 1). Le sillon a été immédiatement recouvert de terre et par des granulés d'argile sèche pour piéger les spores de champignon.



Figure 1. Infestation artificielle des pots à base d'un substrat de riz infesté

La préparation de l'inoculum a été réalisée en plusieurs étapes:

Multiplication de la souche d'Af

Un clone d'*Af* a été isolé à partir du sol de Bambey utilisé dans l'expérimentation puis multiplié en boîtes de Petri contenant un milieu de culture sélectif à base de Dichloran-Glycérine. Le milieu a été obtenu en dissolvant 31,6 g de Dichloran-Glycérine (Peptone 5,0g/l; Glucose 10,0g/l; Potassium

dihydrogénophosphate 1,0g/l; Magnésium Sulfate 0,5g/l; Dchlorane 0,002 g/l, Chloramphénicol 0,1g/l, agar-agar 15,0g/l) dans 1 litre d'eau distillée par agitation magnétique à 105°C et 1ml de Rose Bengal en maintenant l'agitation jusqu'à dissolution complète. Puis une stérilisation à l'autoclave a été réalisée pendant 20 minutes à 120°C. Après refroidissement à 70°C, 0,02 µg de streptomycine ont été ajoutés au milieu avant de couler les boîtes de Petri à inoculer avec *Af*.

Préparation de la suspension standard et inoculation du substrat de riz

Une suspension du champignon a été réalisée à partir d'une boîte contenant des colonies d'*Af* âgées de 5 jours en l'inondant avec 30ml d'eau distillée stérile. Après avoir transvasé la suspension dans un bécher, 2ml de tween 20 ont été ajoutés. La quantité de spores a été dénombrée à l'hémacytomètre et 10ml d'une suspension standard à une concentration de 10^6 spores par ml a été réalisée.

Inoculation du substrat organique (riz)

L'inoculation de 50g d'un substrat stérile à base de riz, a été réalisée sous une hotte avec 1 ml d'une suspension de 10^6 spores d'*Af* bien agitée. La culture a été mise à incuber à 30°C pendant 5 jours.

2.6. Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental était constitué par 32 unités expérimentales (ue) de 4 pots chacune. Le dispositif était en factoriel à 3 facteurs x 4 répétitions disposées en blocs complets randomisés. Les 3 facteurs étudiés étaient la variété (55-437 = V1, Fleur 11 = V2), le régime hydrique RH (stress hydrique de fin de cycle = R1 et alimentation hydrique optimale = R2) et le traitement du sol (sol stérilisé infesté = I, sol stérilisé non infesté = NI).

Un total de 128 pots (4 pots par ue x 2 Var. x 2 RH x 2 niveaux d'infestation) a été mis en place. Seize pots de contrôle avec de la terre non traitée (ni stérilisée ni infestée) ont été intercalés dans le dispositif pour aider au suivi de la croissance des plantes et ajuster éventuellement les dosages de solution nutritive.

2.7. Observations et mesures

La date d'apparition de la première fleur chez tous les plants a été déterminée en jours après semis (jas). La température de la géocarposphère a été suivie à l'aide des 8 sondes-sol placées dans le dispositif au niveau des ue 2, 14, 23, 27 pour les plants ayant subi un régime hydrique optimisé (IRR) et au niveau des ue 1, 9, 18, et 32 pour les plantes ayant subi un stress hydrique de fin de cycle (STR).

2.7.1. Mesures physiologiques

Etat hydrique des plantes

Le suivi hebdomadaire du potentiel hydrique foliaire des plantes (Ψ_f) a été réalisé au moment de l'imposition du stress hydrique, à partir du 63^e jas. La mesure a été effectuée à l'aide d'une chambre à pression (Scholander, MS 650, PMS Instruments Co, Corvallis, Oregon USA).

Efficacité photosynthétique

Ce paramètre a été évalué en utilisant le Plant Efficiency Analyser (PEA, Hansatech Instruments, Ltd, England). Cet instrument fournit une série de valeurs liées à l'émission de fluorescence de la chlorophylle a pigment situé dans les membranes thylakoidales des chloroplastes de la cellule végétale. La fluorescence chlorophyllienne réémet lors d'une exposition à un flash lumineux est inversement proportionnelle au pouvoir de transformation de la lumière en énergie photochimique. Lorsqu'une plante est placée dans un environnement non contraignant, le fonctionnement des photosystèmes présent dans la chlorophylle est optimal et l'énergie lumineuse est alors pleinement utilisée et transformée en énergie chimique. A l'inverse, si la plante subit une contrainte, seule une partie de l'énergie lumineuse reçue sera transformée et l'autre sera restituée sous forme de chaleur et de fluorescence et la photosynthèse sera moins efficace.

Les mesures ont été hebdomadaires et réalisées en même temps que celles du potentiel hydrique à partir de l'imposition du stress. Un clip est placé pendant 30 minutes au niveau de la 3^e feuille à partir

de l'apex de 3 plantes au hasard dans la parcelle utile. Le clip, en soumettant la surface test à l'obscurité, supprime le moteur énergétique de la photosynthèse rendant ainsi les centres réactionnels totalement disponibles. A l'envoi d'une lumière très forte par l'appareil, les centres réactionnels sont saturés et l'excédent d'énergie est réémis sous forme de fluorescence.

Les variables retenues sont le F_v/F_m (ou PHI (Po)), ratio de la fluorescence variable sur la fluorescence maximale et l'indice de vitalité ou SFI (Structure Fonction Index) car elles sont habituellement les plus sensibles à la sécheresse sur l'arachide au champ (Clavel *et al.*, sous presse). Le F_v/F_m traduit le rendement maximum de la photochimie après adaptation à l'obscurité et SFI exprime l'habilité d'une plante à éviter la sécheresse et à maintenir son activité physiologique à un certain niveau.

2.7.2. Analyses technologique post récolte

Les plantes des 4 pots constituant une ue ont été récoltées en mélange. Elles constituent l'échantillon qui est égoussé « en vert » (avant le séchage) pour la détermination des poids, maturité et humidité relative des graines.

Les gousses de chaque échantillon ont été pesées pour obtenir leur poids frais (PGo). Puis le dénombrement et le poids des gousses saines ont été réalisés (PdsGoS) ainsi que celui des gousses endommagées ou flétries (PdsGoEnd). Les gousses saines ont été décortiquées en vert et les graines obtenues ont été classées en différentes classes de maturité en fonction de la coloration de la paroi interne de la coque (M1=brun-noir, très mûres, M2=beige-brun clair : mûre et M3=blanc, immature). L'humidité des graines a été évaluée sur chaque classe de maturité. Le poids frais (Pdsgr) de et le poids sec (PdsgrS, séchage à 40°C pendant une semaine) de chaque lot ont été déterminés ainsi que les poids secs des coques vides (Pdscoques S) pour le calcul du taux de décortilage.

Le pourcentage de chaque classe de maturité (M1, M2 et M3) est donné par :

$$\%M1 \text{ (M2 ou M3)} = \text{NbreM1 (ou M2 ou M3) / Nbre total de graines} \times 10$$

Le taux de décortilage donné par:

$$(\text{Pdsgr S M1} + \text{M2} + \text{M3}) / (\text{Pdsgr S M1} + \text{M2} + \text{M3} + \text{Pdscoques S})$$

Le nombre total de graines (Nbregr) est donné par:

$$\text{NbregrS M1} + \text{NbregrS M2} + \text{NbregrS M3}$$

La taille des graines est donnée par le poids de 100 graines (Pds de 100gr):

$$(\text{PdsgrS M1} + \text{M2} + \text{M3}) / \text{Nbregr S} \times 100$$

2.7.3. Les taux de colonisation des graines et du sol par Af

Le taux de colonisation des graines permet de déterminer leur niveau d'infestation par le champignon vecteur en cours de culture (pre-harvest). Cette mesure a été réalisée sur 10 graines provenant de chaque classe de maturité. Les graines ont été trempées dans de l'hypochlorite de sodium (NaClO) pendant deux minutes pour une désinfection de la surface. Elles ont ensuite été rincées dans de l'eau distillée pendant une minute 2 fois de suite. Les graines séchées ont été ensuite placées dans une boîte de Pétri préalablement tapissée de papier Whatman imbibé d'eau distillée stérile à raison de 10 graines par boîte sans contact entre les graines. Le comptage des graines colonisées par Af (graines portant une sporulation verte) a été effectué à l'aide d'une loupe binoculaire au bout de 5 jours d'incubation à 37°C.

Le taux de colonisation des graines (Tx Af), correspond au pourcentage moyen de graines colonisées par le champignon. Il est donné par la formule suivante:

$$\text{Tx Af (\%)} = (\text{Nombre de graines colonisées} / 10) \times 100$$

Le taux de contamination du sol a été déterminé trois fois : avant et après l'infestation artificielle par Af et le jour de la récolte. Un échantillon homogène de chaque ue a été prélevé et conservé à -20°C

pendant 48 heures puis mis à sécher à l'air libre 48 heures. 4 x 10g de la fraction tamisée ont été pesés : 10g pour la détermination du taux d'Af dans le sol et 3 x 10g pour la détermination de l'humidité relative. 50 ml d'eau distillée stérile ont été ajoutés au 10g de sol et mélangés avec un agitateur magnétique pendant 5 minutes. Les comptages de colonies ont été réalisés à partir de 0,2ml de chaque dilution (10^{-2} pour les pots non infestés et jusqu'à 10^{-5} pour les pots infestés) étalés sur trois boîtes de Pétri contenant du milieu à base de Dichloran-Glycérine (cf ci-dessus). Les boîtes ont été ensuite mises à incuber à température ambiante pendant 5 jours avant comptage des colonies d'Af qui apparaissent vert pale. Les 3 autres échantillons de sols ont été mis à sécher à l'étuve à 105°C pendant 48 heures afin de déterminer les taux d'humidité relative de chaque échantillon par la formule suivante:

$$((\text{Poids humides du sol} - \text{poids sec du sol}) / \text{poids humide du sol}) / 100$$

Le taux de colonisation du sol par le champignon est donné par le nombre de CFU (Colony forming Unit) par g de sol qui correspond au nombre moyen de colonies des 3 boîtes de la même dilution x 5 x 0,2 x facteur de dilution x (1 + taux d'humidité de l'échantillon de sol).

2.7.4. Teneur en aflatoxine des graines

Le dosage de l'aflatoxine a été effectué selon la méthode AflaTest développé par VICAM Science and Technologie, (USA). Cette méthode permet de titrer les aflatoxines B1, B2, G1, G2, et M (Trucksess, 1991). Elle s'effectue en 5 étapes principalement:

- Préparation de l'échantillon par broyage au Waring Blender de la totalité des graines de chaque classe de maturité,
- Extraction de l'aflatoxine: 100 ml de méthanol 80 % et 5 g de NaCl ont été mélangé à 25g de broyat à l'aide d'un mixeur pendant 1 minute avant de faire passer la solution a travers un papier filtre (24 cm de diamètre). 20 ml du filtrat ont été dilués dans 20 ml d'eau distillée stérile et un deuxième filtrage a été effectué à travers un papier filtre de 11 cm de diamètre. 10 ml de ce deuxième filtrat ont été alors passés à travers d'une colonne d' AflaTest,
- Fixation de la mycotoxine: dans la colonne AflaTest ont été fixés des anticorps spécifiques des aflatoxines. La colonne a été rincée deux fois à l'eau distillée stérile pour éliminer les impuretés non fixées qui pourront fausser le dosage.
- Elution des aflatoxines: l'élution a été effectuée à l'aide d'1 ml de méthanol 100 % permettant ainsi de «décrocher» les aflatoxines fixées sur les anticorps par rupture des liaisons covalentes.
- Dosage de l'aflatoxine au fluorimètre VICAM: l'éluât a été alors mélangé à 1 ml de "développeur" qui permet de révéler la fluorescence des molécules d'aflatoxines. La fluorescence émise a été détectée par un fluorimètre optique de type VICAM séries-4. La concentration en aflatoxine de la solution a été déterminée et convertie directement en ppb.

2.8. Analyse statistique

Chaque variable a été analysée par la procédure GLM Proc de l'analyse de variance de SAS (General Linear Model de SAS 9.2002-2003, SAS Institute Inc., Cary, NC,USA). Les différences entre traitements ont été déclarées significatives au seuil de 5 %. Lorsque ces différences étaient significatives, les moyennes ont été comparées par les tests de Student Neuman et Keuls (SNK) au seuil de 5 %: les traitements ont été déclarés significativement différents si la probabilité P d'égalité des moyennes est inférieure à 0,05, très significativement différent si P est comprise entre 0,05 et 0,01 et hautement significativement différente si P étaient inférieure à 0,001. Les données de contamination réalisées par classe de maturité ont été analysées graphiquement et par régression.

3. Résultats et discussion

3.1. Résultats

3.1.1. Date de floraison

La floraison a commencé au 25^e jas pour les deux variétés. L'émission de fleurs a été plus rapide chez la variété Fleur 11 avec plus de 60 % des pieds fleuris au bout de 30 jours de culture. Alors que chez la variété 55-437, seulement 50 % des pieds ont fleuri après 30 jours de culture. Par la suite, la floraison a été progressive jusqu'à obtention de 99 % de pieds fleuris au bout du 37^e jas.

3.1.2. Evolution de la température du sol et de l'humidité relative de l'air

Au cours de l'expérimentation, les températures minimales du sol ont évolué de 22°C à 28°C, les maximales ont varié de 36°C à 45°C avec une moyenne comprise entre 29°C et 33°C. Il n'y a pas eu de différences entre les pots stressés et les pots irrigués en fin de cycle (figure 2).

L'humidité relative de l'air dans l'enceinte de la serre a évolué entre 19,9 % et 55 % pour les minimales et entre 55,5 % et 87,7 % pour les maximales avec une moyenne comprise entre 39,77 % et 71,35 %. Les résultats donnés par les 2 sondes-air installées sont très proches (figure 3).

Ces gammes de température et d'humidité sont favorables pour le développement du champignon *Af* mais également pour un développement optimal de l'arachide.

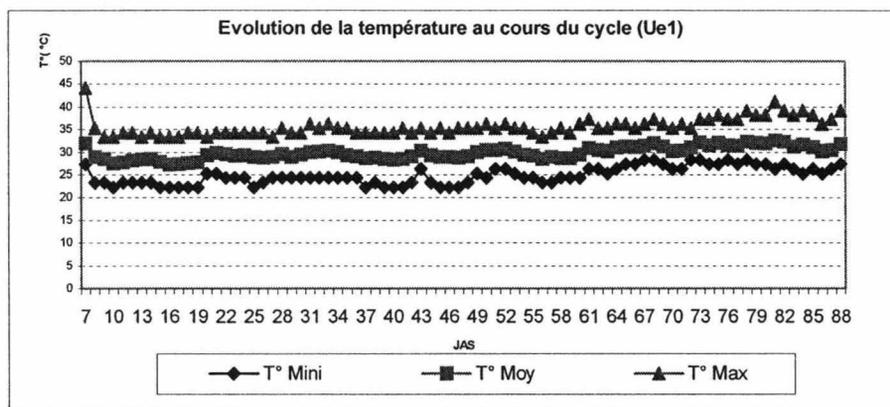


Figure 2. Evolution de la température du sol des pots au cours du cycle de développement (exemple de courbe donné sur un pot bien irrigué)

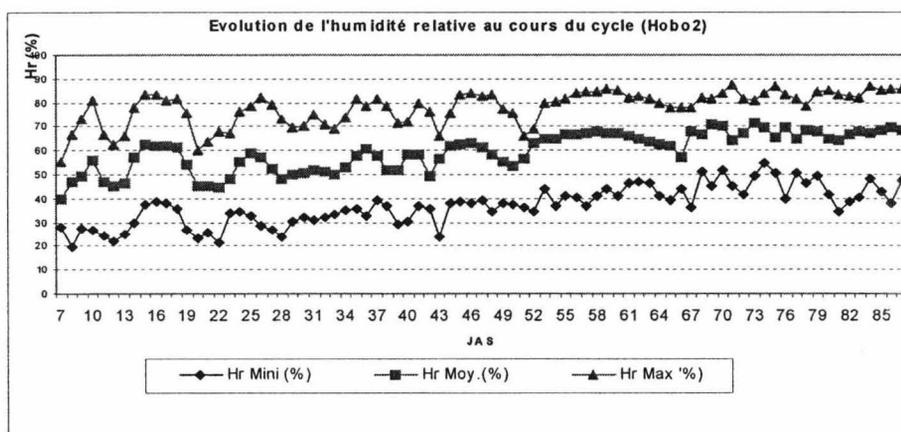


Figure 3: Evolution de l'humidité de l'air au cours cycle de développement (résultats donnés sur la sonde -air Hobo2)

3.1.3. Potentiel hydrique foliaire

Le potentiel hydrique foliaire (Ψ_f) est un indicateur physiologique de l'état hydrique de l'appareil aérien des plantes et donc de l'intensité du stress hydrique subi par la plante. Le suivi hebdomadaire du Ψ_f a permis de montrer que lors des 14 premiers jours d'imposition du stress hydrique (jis), la baisse du Ψ_f n'a pas dépassé $-0,5\text{MPa}$ quel que soient la variété et le régime hydrique (figure 4). A partir du 21^e jis, un léger effet du régime hydrique sur le Ψ_f a été observé alors que les plants bien irrigués accusaient également une chute du Ψ_f avec $-2,5\text{MPa}$ en moyenne sur les stressés contre $-1,5\text{MPa}$ pour les irrigués. Cet effet a été hautement significatif au 26^e et au 33^e jis ($P < 0,0001$).

Dans les mêmes conditions, la variété Fleur 11 a présenté des potentiels hydriques toujours inférieurs ceux de 55-437 avec $-2,86\text{MPa}$ contre $-2,27\text{MPa}$ pour 55-437 en fin de cycle. Son feuillage apparaît donc plus sensible à la dessiccation que celui de 55-437.

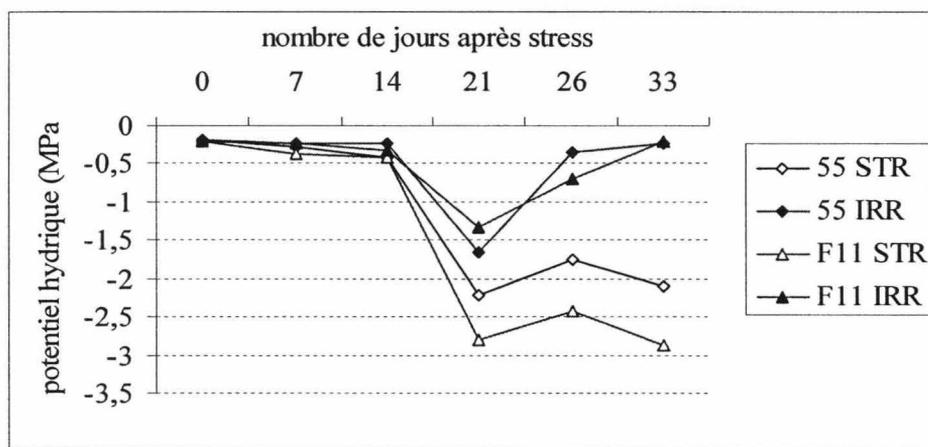


Figure 4. Evolution du potentiel hydrique foliaire après imposition du stress

3.1.4. Fluorescence chlorophyllienne

L'appareil de mesure de la fluorescence utilisé fournit une trentaine de variables liées à l'activité photochimique de la photosynthèse. Dans notre étude, deux paramètres ont été analysés F_v/F_m , le rendement maximum de la photochimie et SFI, l'indice de vitalité qui informe sur l'état de fonctionnement de l'appareil photosynthétique de la plante.

La figure 5 montre l'évolution de l'indice de vitalité, paramètre le plus sensible, durant la période de déficit. Cet indice est resté stable durant les 12 premiers jis puis il a baissé légèrement à partir du 13^e jis, Cependant aucune différence entre les variétés et entre les régimes hydriques n'a été significative. La cinétique de l'activité photochimique entre le 19^e et le 24^e jis (chute sur les deux régimes hydriques vers le 20^e jour suivi d'une reprise) correspond à celle des potentiels hydriques foliaires (figure 5). Mais à la fin de la période de stress, la chute de SFI a été modérée alors que les potentiels hydriques étaient bas.

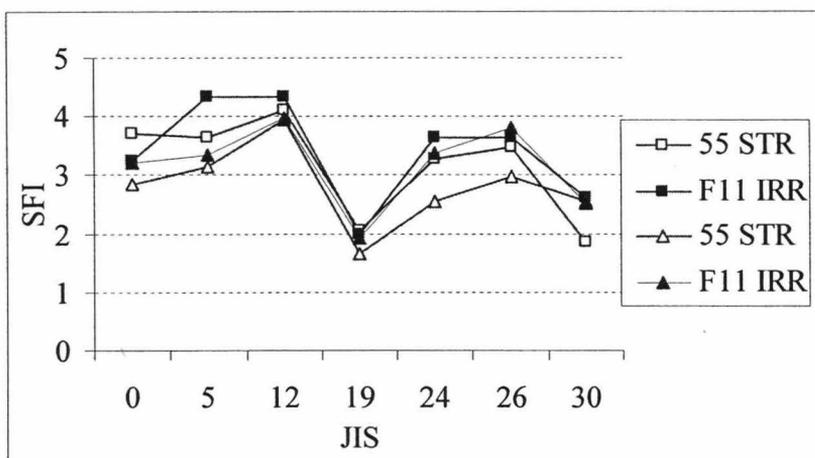


Figure 5. Evolution de l'indice de vitalité (SFI) après imposition du stress hydrique)

3.1.5. Caractères agronomiques

La production, variables poids de gousses et poids des graines, a été fortement diminuée par le déficit hydrique. L'analyse statistique a montré un effet très significatif ($P < 0,01$) du régime hydrique sur le poids des graines sèches et un effet très hautement significatif ($P < 0,001$) sur le poids de gousses sèches (tableau 2). Le facteur variété n'a pas eu d'effet significatif, ce qui signifie que les deux variétés sont voisines sur les critères de production en serre (tableau 2). On observe toutefois que les rendements de Fleur 11 ont été supérieurs à ceux de 55-437 et que le stress hydrique a fait chuter de 42,70 % le poids des gousses sèches chez 55-437 et de 34,04 % chez Fleur 11 (Figure 6).

L'infestation artificielle du sol n'a eu aucun effet sur l'ensemble des paramètres agronomiques et sur la qualité technologiques des graines (tableau 2) ce qui confirme l'absence d'effet direct d'une forte l'infestation du champignon sur la plante.

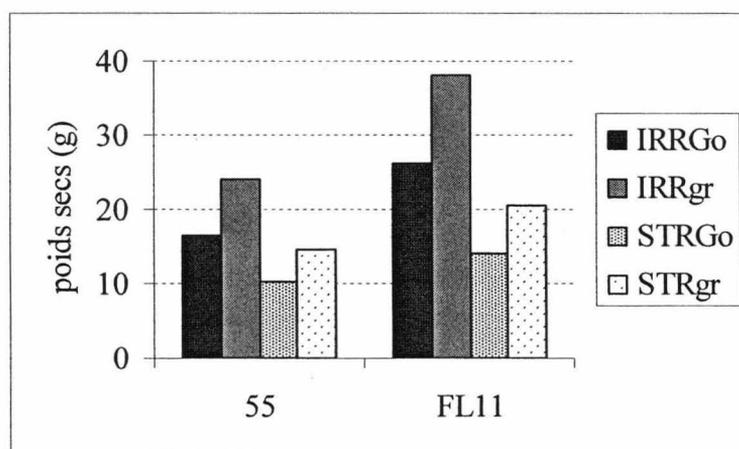


Figure 6. Poids de gousses (Go) et de graines sèches (gr) en fonction du régime hydrique (IRR : plantes bien arrosées et STR : plantes stressées) sur les deux variétés Fleur 11 (FL11) et 55-437 (55)

3.1.6. Qualité technologique des graines

Les analyses statistiques n'ont pas mis en évidence d'effet significatif des facteurs variété et infestation sur les taux de maturité et de décortilage (tableau 2). Le taux d'humidité n'est pas modifié non plus en fonction des variétés et du régime hydrique, cependant on observe que le déficit hydrique n'a pas d'effet sur les taux d'humidité des graines mûres alors que ce dernier est diminué par le stress dans les gaines immatures (Figure 7).

Un effet variétal hautement significatif a été observé sur la taille des graines (P100gr). La taille des graines de Fleur 11 est plus élevée que celle de 55-437. La taille des graines est une caractéristique variétale (génétique) mais elle est influencée par l'environnement. Les différences variétales sur ce critère observées au champ sont conservées en serre.

Tableau 2: Effet statistique des facteurs variété (VAR), régime hydrique (RH), infestation artificielle du sol (INF).

Facteurs	NbrGo	PdsgrS	% mat	TxGoend	Tx decort	P100gr
VAR	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.	***
RH	***	**	n.s.	*	n.s.	n.s.
INF	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

- n.s. Effet non significatif
- * Effet significatif à $P < 0,05$
- ** Effet très significatif à $0,01 < P < 0,005$
- *** Effet hautement significatif à $P < 0,001$

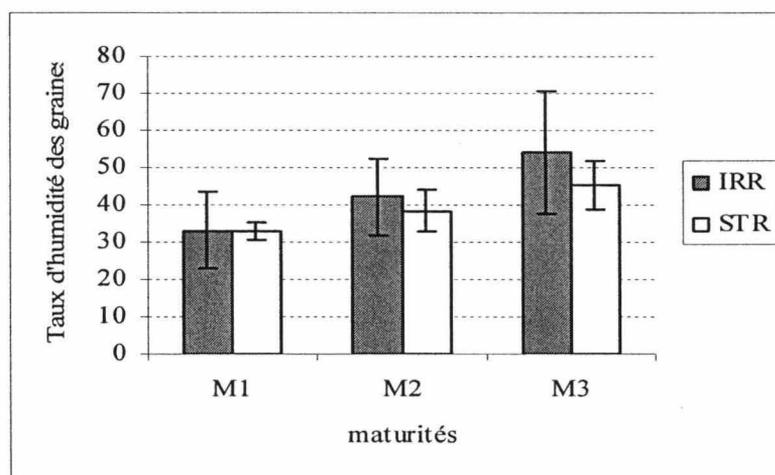


Figure 7. Taux d'humidité des graines en fonction de leurs niveaux de maturité (M1 : très mûres, M2 : mûres, M3 : immatures)

Le stress hydrique a significativement augmenté le taux de gousses endommagées (TxGoend) qui est passé de 1,17 % sous irrigation à 9,36 % en condition de déficit hydrique (figure 8).

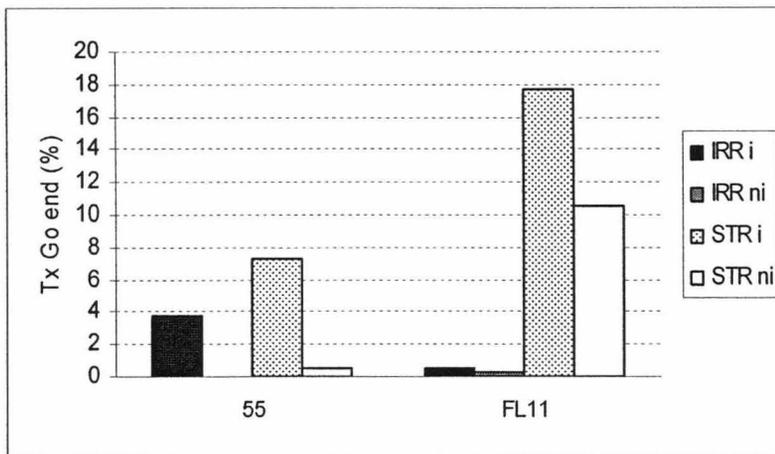


Figure 8. Pourcentage de gousses endommagées et flétries (TxGoend) en fonction du régime hydrique (IRR : plantes bien arrosées et STR : plantes stressées) sur les deux variétés Fleur 11 (FL11) et 55-437 (55)

3.1.7. Taux d'infestation du sol par *Af*

L'infestation artificielle du sol avec *Af* a entraîné une augmentation très importante du nombre de spores viables dans le substrat de culture. En moyenne jusqu'à 689 687,50 CFU par g de sol ont été dénombrées au niveau des pots inoculés artificiellement contre 999,5 CFU par g de sol au niveau des pots non infestés. Les tests de contrôle de l'infestation du sol effectués au 20^e jas n'ont mis en évidence aucune spore d'*Af* dans les pots de culture avant infestation artificielle par conséquent les spores observées sur les pots non infestés proviennent probablement de contaminations accidentelles survenues au moment de l'inoculation artificielle. Une augmentation beaucoup plus limitée du nombre de spores dans le sol est observée sur les pots soumis à la contrainte hydrique soit en moyenne 811 187,50 CFU/g de sol contre 568 187,50 CFU/g de sol en conditions de bonne alimentation hydrique. Le facteur variétal n'a pas modifié le niveau d'infestation du sol.

3.1.8. Taux de colonisation par *Af* et de contamination par l'aflatoxine des graines

Lorsque les taux de colonisation par *Af* et de contamination par l'aflatoxine sont présentés sur les deux variétés (55-437 et F11) en fonction des niveaux de maturité de leurs graines, les niveaux de maturité M1 et M2 ont été rassemblés en graines mûres et le niveau M3 correspond aux graines immatures car des résultats antérieurs ont montré que le niveau intermédiaire M2 était très semblable au niveau M1 en ce qui concerne la colonisation par le champignon et la contamination par l'aflatoxine.

Les taux de colonisation des graines par *Af* sont relativement faibles mais non nuls (environ 20 %) du fait d'une contamination accidentelle qui n'a pu être évitée au niveau des pots non infesté alors qu'ils sont en moyenne à 70 % en conditions d'infestation artificielle du sol (figure 9). Le taux d'infestation des graines par *Af* est plus élevé quand la plante est stressée, notamment sur Fleur 11, en conditions de forte infestation du sol. Fleur 11 apparaît donc plus sensible à la colonisation par *Af* que 55-437 quel que soit le régime hydrique et le niveau d'infestation.

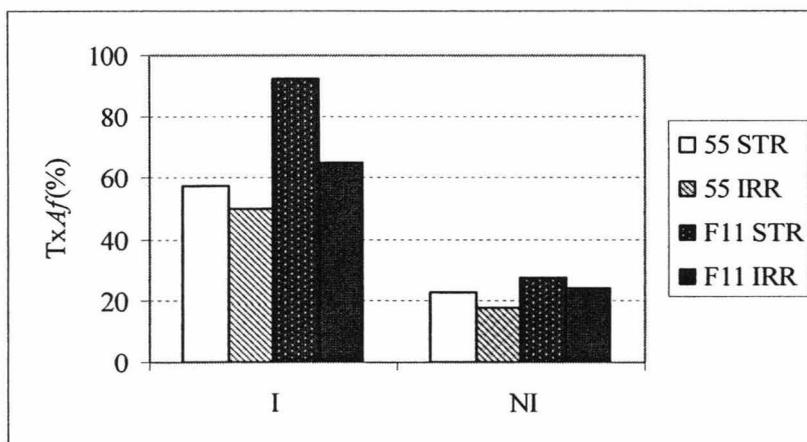


Figure 9. Effet du régime hydrique (STR: plantes stressées et IRR: plantes bien alimentées en eau en fin de cycle) et de l'infestation sur du sol (I: sol infesté, NI: sol non infesté).sur les taux de colonisation par *A. flavus* (Tx-Af).

La figure 10 présente les taux de colonisation des graines par *Af* en fonction de la maturité des graines (mature et immature) sans considérer le régime hydrique. L'inoculation artificielle du sol a entraîné une augmentation très sensible du taux d'infestation des graines par *Af*: l'effet de l'infestation du sol a été significatif sur les graines mûres comme sur les graines immatures. Les graines immatures montrent une sensibilité plus élevée à la colonisation par *Af* que les graines mûres. En résumé l'augmentation des taux de colonisation par *Af* est plus forte sur Fleur 11 que sur 55-437 en particulier sur les graines non mûres de Fleur 11 qui atteignent 95% de colonisation (figure 10).

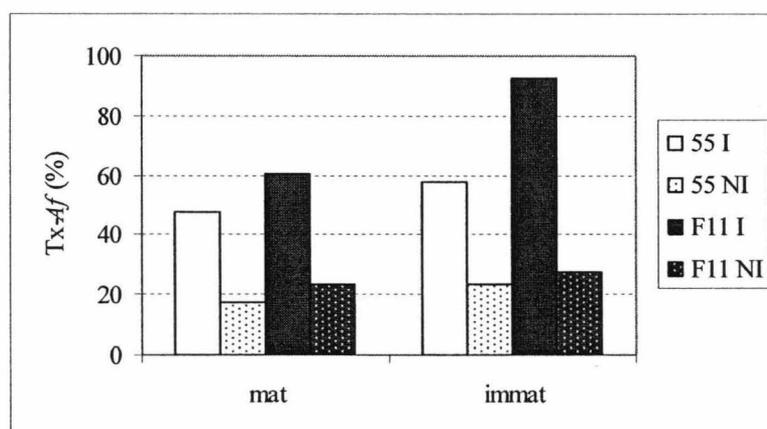


Figure 10. Effet de la maturité des graines (mat: graines mûres et immat: graines immatures) et de l'infestation du sol (I: sol infesté, NI: sol non infesté) sur le taux d'infestation des graines par *A. flavus* (Tx-Af).

1.6.4. Taux de contamination des graines par l'aflatoxine

Les résultats présentés sur la figure 11 montrent qu'en conditions de non-infestation du sol, le taux de contamination des graines par l'aflatoxine a été quasiment nul quelque soit la variété et le régime hydrique. La teneur en aflatoxine des graines a donc été significativement augmentée par l'infestation artificielle en particulier en condition de stress. C'est le niveau stressé de la variété Fleur 11 en conditions d'infestation qui présente le taux d'aflatoxine le plus élevé avec près de 20 ppb (figure 11).

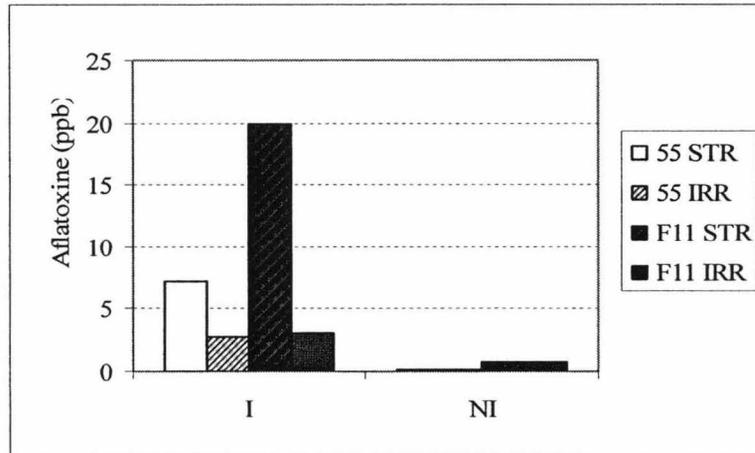


Figure 11. Teneurs en aflatoxine en fonction de l’infestation du sol (I: sol infesté, NI: sol non infesté) et du régime hydrique (STR : plantes stressées et IRR : plantes bien alimentées en eau en fin de cycle).

La figure 12 présente les teneurs en aflatoxine des graines en fonction de leur niveau de maturité. Les taux d’aflatoxine sont très bas en conditions de non-infestation alors que les taux de colonisation par le champignon étaient voisins de 20% (Figure 11). L’infestation du sol a augmenté très significativement les teneurs en aflatoxine sur les deux variétés. Cet effet a été plus fort sur les graines immatures que sur les graines mûres. Les graines mûres des deux variétés ont montré des taux d’aflatoxine supérieurs à 4 ppb en conditions d’infestation. La variété 55-437 a présenté des taux de contamination plus faibles que ceux de Fleur 11. Les graines immatures de Fleur 11 ont été les plus contaminées en conditions d’infestation du sol (Figure 12).

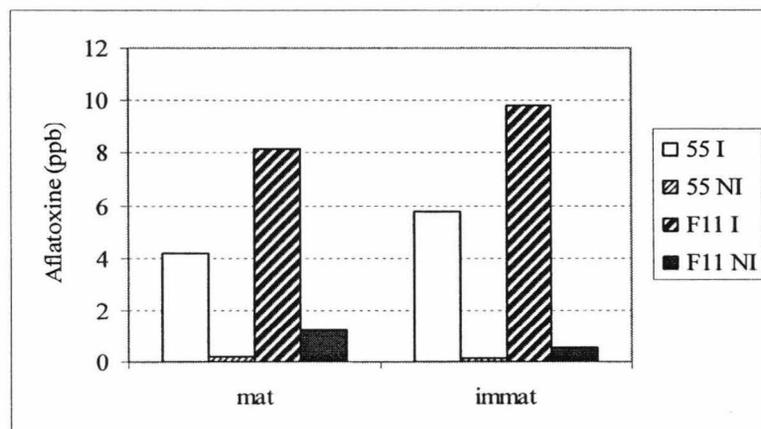


Figure12. Teneurs en aflatoxine des graines en fonction de leur maturité (mat : graines mûres et immat : graines immatures).et de l’infestation du sol (I: sol infesté, NI: sol non infesté).

Une corrélation très hautement significative ($r = 0,72$; $P < 0,001$) a été trouvée entre les taux d’infestation par *Af* et les taux de contamination par l’aflatoxine.

Des coefficients de corrélations (r) très significatifs ont été également calculés entre les taux d’infestation par *Af* et les teneurs en aflatoxine lorsque l’on considère uniquement les graines mûres (r

= 0,75) et les graines immatures ($r = 0,69$). Les valeurs des coefficients de corrélation entre les Tx *Af* et teneurs en aflatoxine sont de 0,69 pour la variété 55-437 et de 0,71 pour Fleur 11 (Tableau 3).

Coefficients de corrélation (r)	55-437	Fleur 11	Graines mûres	Graines immatures
	0,69***	0,71***	0,75***	0,69***

Tableau 3. Valeur des coefficients de corrélation entre les taux de colonisation par *A. flavus* (Tx *Af*) et les teneurs en aflatoxine selon la variété et le niveau de maturité des graine

3.2. Discussion

Paramètres agronomiques et physiologiques

La mise au point d'un dispositif expérimental discriminant et fiable est la première condition à remplir pour réaliser des criblages variétaux et comprendre les mécanismes de résistance à l'aflatoxine. Au cours de cette expérimentation, les températures moyennes obtenues dans la serre régulée (29 et 33°C) et les humidités moyennes relatives (39,77 et 71,35%) ont permis, comme les années précédentes, l'obtention de conditions environnementales favorables à la croissance de l'arachide et du champignon et à la contamination de l'arachide par l'aflatoxine.

Un retard dans la maturation des graines et donc un allongement du cycle ont été observés (103 jours au lieu de 90 jours). Ce résultat qui n'a pas été observé dans les expérimentations précédentes utilisant du sol non stérile. Pour l'expliquer, rappelons que l'arachide est une espèce à floraison continue par conséquent ce retard résulte probablement d'une perturbation de la floraison dite «utile» (les fleurs formées durant la première semaine de floraison) provoquée par une carence en éléments nutritifs apparue au moment de l'émission des premières fleurs. Sur un substrat stérilisé, des ajustements relatifs à l'alimentation minérale des plantes sont donc nécessaires à ce moment-là du cycle où l'arachide a des besoins importants.

Malgré un dessèchement du feuillage plus sévère chez Fleur 11 en conditions de sécheresse, sa productivité agronomique au champ est généralement meilleure que celle de 55-437 du fait de sa forte tolérance et d'un système racinaire plus performant (Clavel *et al.*, 2005). Dans l'expérimentation 2005 cette différence a été faible car l'exploration racinaire est limitée par la taille des pots ce qui ne permet pas l'expression de ce caractère chez Fleur 11. Sur le plan physiologique, le potentiel hydrique foliaire de Fleur 11 est descendu plus bas que celui de 55-437, à près de -3MPa. Mais cette valeur n'est pas celle que du potentiel hydrique létal pour l'arachide qui est inférieure à -5MPa pour ces 2 variétés. Fleur 11 a montré une sensibilité foliaire au déficit hydrique plus élevée que celle de 55-437 conformément aux observations habituelles en serre comme au champ. Les conditions d'application du stress hydrique en pot (apport hydrique limité mais non nul en fin de cycle) n'ont pas permis l'obtention d'une baisse continue du potentiel hydrique foliaire comme cela s'observe au champ. Dans les conditions de champ en effet, la suspension d'arrosage peut être totale pendant les quatre dernières semaines de culture sans affecter la survie de la plante car cette dernière dispose d'un volume de terre beaucoup plus important pour l'exploration racinaire. La chute modérée de SFI, le « Structure Fonction Index », calculé à partir de la fluorescence émise et l'activité des stomates (Clavel *et al.*, in press) a été modérée ce qui indique que le déficit hydrique appliqué dans l'expérimentation n'a pas endommagé l'appareil photosynthétique des plantes. Ces résultats montrent qu'il doit être possible d'appliquer un déficit hydrique plus sévère afin d'accentuer les différences variétales.

Enfin notons que l'infestation artificielle n'a eu aucun effet sur les variables agronomiques et physiologiques ce qui est conforme aux résultats attendus,

Paramètres de contamination

Les taux de colonisation des graines par *Af* et de contamination par l'aflatoxine ont été plus élevés chez Fleur 11 par rapport à 55-437 et cela pour toutes les classes de maturité. En conditions d'infestation, la teneur en aflatoxine des graines de la variété Fleur 11 est très augmentée par le déficit hydrique. Cette observation a été réalisée lors des deux expérimentations précédentes. Cependant Fleur 11 est plus résistante à la sécheresse que 55-437 en termes de productivité (Clavel *et al.*, 2005). Par conséquent, s'il existe bien une liaison générale entre résistance à la sécheresse et résistance à l'aflatoxine (Cole *et al.*, 1995 ; Holbrook *et al.*, 2000), celle-ci correspond à une résistance à la sécheresse mettant en oeuvre l'esquive c'est-à-dire le niveau de précocité des génotypes. En effet, dans notre situation où sont comparés deux variétés de cycles identiques, cette relation n'est plus vérifiée. Par ailleurs, les graines mûres et les graines immatures de Fleur 11 sont toujours plus sensibles que les graines mûres et immatures de 55-437 en conditions de forte infestation, on peut donc en conclure que la résistance de 55-437 est intrinsèque car elle s'exprime dans toutes les classes de maturité et dans diverses conditions environnementales.

De nombreux auteurs ont montré que les graines immatures étaient plus exposées à la contamination par l'aflatoxine que les graines mûres (Sanders, *et al.*, 1981; Cole, *al.*, 1982; Hill *et al.*, 1983; Sanders *et al.*, 1985 ; Cole *et al.*, 1995) car le processus physiologique de maturation des graines est affecté par le manque d'eau. Le ralentissement d'activité métabolique a été traduit dans notre étude par un taux d'humidité des graines immatures diminué en conditions de stress alors qu'il demeurait inchangé par le stress dans les graines mûres. Ce résultat confirme donc l'importance de la précocité des génotypes : lorsque les variétés esquivent le déficit hydrique, leur taux de maturité n'est pas altérée par le manque d'eau.

Le déficit hydrique a provoqué une multiplication du champignon dans le sol sans doute du fait de températures du sol supérieures dans les pots ayant subi le déficit hydrique. Toutefois cette augmentation est très modérée au regard de celle qui est provoquée par l'infestation artificielle. Le déficit hydrique influence donc à la fois la réponse variétale sur le critère de maturité des gousses mais aussi la pression de l'inoculum.

Il n'y a pas eu de différence entre les deux variétés sur les taux de maturité des gousses dans les conditions de l'expérimentation conduite en 2005. Cependant lors d'essais antérieurs et surtout dans les conditions de sécheresse de fin de cycle au champ un défaut de maturation des gousses de Fleur 11 est observé (Clavel *et al.*, 2004). Ce défaut de maturité dans les conditions de champ accentue sa sensibilité à *Af* et à l'aflatoxine. En outre, le ralentissement métabolique consécutif au stress hydrique augmente la vulnérabilité des gousses aux parasites du sol et le taux de gousses endommagées qui sont la première source de contamination. Cet effet a également été observé en serre mais il reste beaucoup plus limité qu'au champ.

Les taux de colonisation des graines par *Af* ont été significativement corrélés aux taux de contamination des graines par l'aflatoxine. Cette corrélation est rarement mise en évidence lorsqu'un faible nombre de génotypes est comparé car l'échantillonnage pour les dosages de l'aflatoxine entraîne des biais dans l'évaluation de ce paramètre. La valeur du coefficient de corrélation (entre 0,6 et 0,7) est conforme aux résultats obtenus par d'autres auteurs (Dorner *et al.*, 1998; Mehan *et al.*, 1988) sur un nombre de génotype plus important. Les niveaux de corrélation sont comparables pour les deux variétés ce qui ne permet pas de distinguer une résistance spécifique à l'infestation par le champignon ou à la contamination par l'aflatoxine chez l'une des deux variétés.

3.3. Conclusion et perspectives

L'expérimentation conduite en 2005 a permis de reproduire en grande partie les résultats obtenus en serre les années précédentes sur un sol non stérilisé en dépit de l'allongement du cycle. Après trois ans d'expérimentation sur des variétés de même cycle et adaptées au même environnement il a été possible de préciser la mise au point d'un modèle expérimental fiable en serre pour simuler les conditions de contamination par l'aflatoxine en pré récolte a été réalisée. Deux types de résultats ont été obtenus le

premier concerne les relations entre l'adaptation à la sécheresse et la résistance à l'aflatoxine chez l'arachide et les seconds sont d'ordre méthodologique.

En ce qui concerne les relations entre résistance à la sécheresse et résistance à l'aflatoxine, on a montré que la stratégie d'évitement associée à une taille de graines réduite, celle de 55-437, est plus efficace que celle de Fleur 11 qui possède une tolérance à la sécheresse supérieure. Par ailleurs 55-437 présente une résistance intrinsèque qui limite l'infestation par Af et la contamination par l'aflatoxine quelles que soient les conditions environnementales.

Du point de vue méthodologique, l'infestation artificielle, les conditions de culture et d'application du déficit hydrique en pots sont maîtrisés. Cette standardisation devrait permettre de limiter les fortes variations et d'améliorer la répétabilité des réponses variétales en matière de résistance-sensibilité à l'aflatoxine en pré-récolte. Par ailleurs, ce type de dispositif permettra de progresser dans la compréhension des mécanismes physiologiques et moléculaires de la résistance variétale à la contamination de l'arachide par l'aflatoxine en pré-récolte.

II. Activités de formation / valorisation

Cette quatrième année de contrat a permis une valorisation des résultats en matière de formation universitaire, de posters présentés lors de congrès internationaux et de publications d'articles dans des revues scientifiques de rang A.

Formation

Mémoire présenté pour l'obtention d'un *Master* en Sciences de la Vie et de la Santé de l'Université de Bordeaux 2 intitulé, « Contamination de l'arachide (*Arachis hypogaea* L.) par l'aflatoxine : mise au point d'un dispositif expérimental pour l'étude de l'infestation en pré-récolte » soutenu par Oumar Diallo, le 13 juillet 2005.

Dernière année de *Doctorat* de l'Université Paris 12-Val de Marne pour une étudiante sénégalaise, Nani K. Dramé. La soutenance est prévue en décembre 2005.

Publications

Clavel, D, Drame, NK, Macauley, HR, Braconnier, S, Laffray, D., 2005. Analysis of early variations in responses to drought of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars for using as breeding traits. *Environ. Exp. Bot.* 54: 219-130.

Clavel, D., Drame, NK, Diop ND, Zuily-Fodil, Y. 2005. Adaptation à la sécheresse et création variétale : le cas de l'arachide en zone sahélienne. Première partie : revue bibliographique *OCL*, Vol 13(3)

Clavel, D, Diouf, O, Khalfaoui, JLK, Braconnier, S. (In press) Genotypes variations in fluorescence parameters among closely related groundnut (*Arachis hypogaea* L.) lines and their potential for drought screening programs. *Field Crops Research*.

Clavel, D, Khalfaoui, JLK Drame, NK, Diop ND, Diouf, O, Zuily-Fodil, Y. 2005. Adaptation à la sécheresse et création variétale. Deuxième partie : une approche pluridisciplinaire pour la création variétale (accepté) par *OCL*

Dramé, KN, Clavel, D, Cruz de Carvalho, MH, Passaquet, C, Zuily-Fodil, Y. Water deficit induces variation in expression of stress responsive genes in two peanut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars differing in their tolerance to drought. Accepté à *Plant Science* sous réserve de modifications.

Congrès internationaux

Clavel, D, Diouf, O, Khalfaoui, JLK, Braconnier, S. Variation in drought adaptation among closely related early groundnut lines. Poster présenté à la conférence INTERDROUGHT II, Rome, 24-28 septembre 2005.

Diouf, O, Clavel, D, Diedhiou, PM, Sarr, B, Braconnier, S. Agrophysiological traits of preharvest contamination in groundnut. Poster présenté à la conférence INTERDROUGHT II, Rome, 24-28 septembre 2005.

Références bibliographiques

- Anderson WF., Holbrook CC., Wilson DM., et Matheron ME., 1990. Evaluation of preharvest aflatoxin contamination in several potentially resistant peanut genotypes. *Peanut Sci.* **22**: 29-32
- Clavel, D., Sarr, B., Marone, E., et 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., Drame NK., Macauley HR., Braconnier S., et Laffray D., 2005. Analysis of early variations in responses to drought of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) cultivars for using as breeding traits. *Environ. Exp. Bot.* **54**: 219-230.
- Clavel D., Diouf O, Khalfaoui JLK, Braconnier S..Genotypes variations in fluorescence parameters among closely related groundnut (*Arachis hypogaea* L.) lines and their potential for drought screening programs (in press pour Field Crops Research)
- Cole RJ., Hill RA., Blankenship PD., Sanders TH., Garren KH., 1982. Influence of irrigation and drought stressed on invasion of *Aspergillus flavus* of corn kernels and peanut pods. *Dev Ind Microbiol* **23**: 229-236.
- Cole RJ., Dorner JW., Sanders TH. et Blankenship PD., 1985. Mean geocarposphere temperatures that induces pre-harvest aflatoxin contamination of peanuts under stress. *Mycopathologia*, **91**: 41-46.
- Cole RJ., Dorner JW., Holbrook CC., 1995. Advances in mycotoxin elimination and resistance. *In Advances in Peanut Sci.*: 456-474.
- Cole RJ., Timothy H., 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**: 117-127.
- Dorner JW., Cole RJ., Blankenship PD., et Hill RA., 1998. Effect of inoculum rate of biological control agents on preharvest aflatoxin contamination of peanuts. *Biological Control* **12**: 171-176.
- Dorner TH., Cole RH., Sanders RJ. et Blankenship PD., 1989. Interrelationship of kernel water activity, soil temperature, maturity and phytoalexin production in preharvest aflatoxin contamination of drought stressed peanuts. *Mycopathologia* **105**: 117-128.
- Hill RA., Blankenship PD., Cole RJ., Sanders TH., 1983. Effet of soil moisture and temperature on prehavrest invasion of peanuts by the *Aspergillus flavus* group and subsequent aflatoxine development. *Appl Environ Microbiol* **45**: 628-33.
- Holbrook CC., Kvin CK., Rucker KS., Wilson DM., Horn BW., et Matheron ME., 2000. Preharvest aflatoxin contamination in drought-tolerant and drought-intolerant peanut genotypes. *Peanut Sci.* **27**: 45-48.
- Horn BW., DornerJ. W., Greene RL., Blankenship PD. et Cole RJ., 1994. Effect of *Aspergillus parasiticus* soil inoculum on invasion of peanut seed. *Mycopathologia*, **125**: 179-191.
- Mehan VK, McDonald D. et Ramakriashna N., 1988. Effects of adding inoculum of *Aspergillus flavus* to pod_zone soil on seed infestation and aflatoxin contamination of peanuts genotypes, *Oléagineux* **43**: 26-28

- Mehan VK., Ba A., Mc Donald D., Renard, JL., Nageswara Rao, RC. et Jayanthi S., 1991. Field screening for groundnut to seed infection by *Aspergillus flavus*. *Oléagineux* **46**: 109-115.
- Sanders TH., Cole RJ., Blankenship PD. et Hill RA., 1985. Relationship of environmental stress duration to *Aspergillus flavus* invasion and aflatoxin production of preharvest peanuts. *Peanut Sci.* **12**:
- Waliyar F., Ba A., Hassan H., Bonkougou S., Bosc JP., 1994. Source of resistance to *Aspergillus flavus* and aflatoxin contamination in groundnut genotypes in west Africa. *Plant Disease* **78**: 704-708.

RAPPORT CIRAD : DEUXIEME PARTIE

Opération test de production d'arachide de qualité par les producteurs de Paoskoto (WP4)

Ce rapport de synthèse fait état des résultats obtenus par le CIRAD au cours de la campagne 2004 dans le cadre d'une opération test de production d'arachide de qualité conduite en collaboration avec les organisations de producteurs (OP) de la communauté rurale de Paoskoto regroupées au sein du Comité Local de Concertation des Organisations de Producteurs (CLCOP). Paoskoto est situé dans le département de Nioko du Rip, région de Kaolack.

Cette opération test a été 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 conduite par le Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Développement (CIRAD) avec les interventions du Groupe de Recherche et d'Echanges Technologiques (GRET) au Sénégal et de la Division des Semences (DISEM) du Ministère de l'Agriculture du Sénégal. L'opération a pu bénéficier d'un financement complémentaire attribué par le Programme d'Organisation et de Gestion Villageoise (POGV2) qui intervient dans la même zone et du projet INCO « Groundnut Aflatoxin ».

L'équipe du CIRAD, coordonnée par Alain Mayeux (agronome, spécialiste culture arachide) était composée de :

- Mateugue Diack, chercheur
- Kader Ndao, technicien
- Issa Diallo, technicien
- Mamou Diouf, observateur
- Amidou Seck, observateur
- Thierno Sow, observateur
- Oumar Niasse, observateur
- Abdoulaye BA observateur

L'opération a également accueilli trois stagiaires étudiants de l'ENSA, dans le cadre de leur stage de fin d'études pour l'obtention du diplôme d'ingénieur agronome.

- Bassirou Sarr
- Lamine BA
- Djibi Sow

SOMMAIRE

1.	Introduction	35
2.	Objectifs	35
3.	Matériel végétal	35
4.	Production d'arachide de qualité en milieu paysan	36
4.1	<i>Choix des producteurs</i>	36
4.2	<i>Dispositif de production</i>	36
4.3	<i>Mise en place de la culture</i>	36
4.3.1	Sélection des producteurs	36
4.3.2	Sélection des parcelles	37
4.3.3	Distribution des semences et autres intrants	37
5.	Résultats et discussion	38
5.1	<i>Préparation du sol et semis</i>	38
5.2	<i>Entretien des champs</i>	38
5.3	<i>Récolte</i>	39
5.3.1	Densités à la récolte	39
5.4	<i>Rendements</i>	39
5.4.1	Rendements en gousses et Fanes	39
5.5	<i>Commercialisation</i>	42
5.5.1	Problème des aflatoxines	42
5.5.2	Procédures de commercialisation	43
5.5.3	Qualité de la production	44
5.6	<i>Suivi socio-économique</i>	47
5.6.1	Contexte économique	48
5.7	<i>Conditionnement et évaluation de la valeur commerciale</i>	49
5.8	<i>Les activités de décortilage tri et conditionnement</i>	50
5.8.1	Phase de pré-usinage	50
5.8.2	Usinage	50
5.9	<i>Coûts du décortilage et tri graines HPS</i>	53
6.	Conclusions et perspectives	53

ANNEXES

1 Introduction

Le présent document synthétise les résultats des activités de recherche et développement menées par le CIRAD dans le cadre d'une opération test de production d'arachides de qualité commanditée par l'Agence Nationale de Conseil Agricole et Rural (ANCAR) et ses partenaires, dans la perspective de mise en oeuvre d'un projet pilote d'amélioration de la filière de production et de valorisation de l'arachide de bouche au Sénégal.

2 Objectifs

Optimiser et réguler les approvisionnements en arachide et créer une image de qualité des produits sénégalais font partie des objectifs de la filière. Pour cela il s'agit de mettre au point un certain nombre de techniques, d'outils d'aide à la décision et de pratiques de travail à l'usage des acteurs de la filière et des décideurs. A l'échelle de la filière plusieurs questions se posent :

Comment gérer la qualité sanitaire de la production dans les zones de production (bassin arachidier et fleuve) ?

Quelle organisation cohérente de la collecte proposer ?

Peut-on, et comment, certifier la qualité du produit fini «arachide de bouche » d'exportation ?

Comment optimiser le revenu de la filière dans sa globalité ainsi qu'au niveau de chaque acteur ?

3 Matériel végétal

Durant la période précédente, il a été possible de tester certaines variétés issues d'un programme de sélection commun ISRA/CERAAS/CIRAD et de produire à partir des quelques kilogrammes disponibles les quantités détaillées dans le tableau 1. Pour parvenir à ces quantités, deux multiplications sous irrigation ont été conduites dans la zone de Savoigne (région du fleuve Sénégal).

Tableau 1 : Production de semences de base

Variétés	Semences		
	cycle	Graines triées	Coques triées
55-437	90-100	620	8800
Fleur 11	90-100	260	3475
SRV1-19	90-100	500	4350
73-9-11	80-90	0	900
55-33	80-90	0	375
SRV1-3 (ex 119-08-13)	85-95	220	0
	75-85	680	100
78-936	105-115	80	0
ICGV 97052	90-100	400	0
57-216	90-100	220	0
109-15-17	115-125	600	0
H75-0	115-125	100	0
ICGV 97065	115-125	220	0
ICGV 97049	115-125	0	60
ICGV92087	85-95	40	0
55-128	85-95	38	0
55-319	80-90	20	0
55-21	90-100	0	10
ICGV-SM 87003	90-100	25	0
73-30			
		4023	18070

Pour des raisons de financement, le projet pilote n'a pu démarrer comme prévu en janvier 2004. Pour ne pas perdre les acquis (semences) et maintenir la dynamique de réforme entreprise, l'ANCAR et ses partenaires ont proposé la conduite d'une opération préliminaire sur 50 hectares.

Cette phase préliminaire fait l'objet de ce rapport, elle consistait à encadrer dans la zone sud du bassin arachidier, un groupe de petits producteurs volontaires pour assurer une production d'arachide suivant certaines pratiques agricoles, et tester au sein de la communauté rurale la faisabilité agro-socio-économique d'une filière de production d'arachide de qualité susceptible d'assurer une production semencière communautaire de qualité et de proximité et une meilleure valorisation de la production sur les marchés de l'arachide de bouche ou de confiserie.

4. Production d'arachide de qualité en milieu paysan

Après concertation avec les différents partenaires d'encadrement agricole (ANCAR et ASPRODEB), il a été convenu de retenir la zone de Paoskoto, située dans le sud du bassin arachidier où le risque pluviométrique est faible, les organisations de producteurs dynamiques et l'encadrement agricole bien présent.

Afin d'informer du mieux possible les producteurs et autres acteurs de la filière, un atelier d'information a été organisé le 17 mai 2004 à Paoskoto. Cet atelier a permis de présenter les enjeux de l'opération, de prendre l'avis de tous les acteurs présents et d'arrêter les activités de la campagne.

4.1 Choix des producteurs

Le choix des producteurs a été fait en relation avec le Cadre Local de Concertation des Organisations de Producteurs (CLCOP) et sur la base de critères technico-économiques. Il va de soit qu'une production de qualité requière un minimum de moyens techniques à savoir un sol adapté, un équipement de base fonctionnel (semoir, houe, pulvérisateur, souleuse, etc), une main d'œuvre suffisante et des ressources financières permettant d'acquérir un minimum d'intrants.

4.2 Dispositif de production

La zone a été partagée en cinq sites : Gapakh, Ndémène, Paoskoto, Daga et Firgui rattachés à la communauté rurale de Paoskoto (Cf. carte). Les agriculteurs volontaires appartenaient tous à des organisations de producteurs (OP) de plusieurs villages avec un agriculteur par village afin de permettre à un grand nombre d'agriculteurs voisins, d'apprécier de visu la conduite des activités et de se porter éventuellement volontaires pour la suite du projet en toute connaissance de cause.

4.3 Mise en place de la culture

L'itinéraire technique préconisé est basé sur l'application de bonnes pratiques agricoles (BPA) en conditions pluviales afin d'apporter l'environnement le plus favorable à l'évolution de la culture. Ces BPA (annexe 1) ont fait l'objet d'une formation des encadreurs afin qu'ils puissent conseiller les producteurs et elles ont été régulièrement rappelées par l'équipe technique tout au long de la campagne agricole.

4.3.1 Sélection des producteurs

Les producteurs, tous volontaires, ont été choisis par leurs organisations de producteurs en relation avec l'équipe technique et sur la base de critères (moyens de production) présentés. Une fois sélectionnés, ces agriculteurs ont été conviés à plusieurs réunions d'information concernant l'objet de l'opération et le calendrier agricole.

Calendrier	Opérations
Avant semis	Sélection des parcelles Distribution des intrants Décorticage et traitement des semences Préparation du sol
A partir 10 juillet	Semis
15-20 JAS	Epannage de l'engrais
40 JAS	Epannage phosphogypse
Fonction des observations	Binages et desherbages manuels
Fonction des observations	Traitements insecticides
A partir 75 JAS	Suivi de la maturité
Fonction maturité	Récolte, séchage, égoussage, vannage, tri des gousses
Décembre	Commercialisation
Janvier-mars	Transformation, test de commercialisation

4.3.2 Sélection des parcelles

Après identification des agriculteurs, l'équipe technique a eu à visiter chacun d'entre eux afin de vérifier l'état de la parcelle proposée. Dans certains cas (fortes marques d'érosion, bas-fonds, nombreuses termitières, etc) l'agriculteur a eu à proposer une autre parcelle. Après sélection, chaque parcelle a été mesurée.

4.3.3 Distribution des semences et autres intrants

Les semences, produites en contre saison froide sur le fleuve, ont été transférées début juin et distribuées aux producteurs sur la base de 125 kg base coque par hectare. Chaque agriculteur a décortiqué et trié ses graines qui ont été contrôlées par l'équipe technique avant d'être traitées au Granox®¹ à la dose de 200g pour 100kg de graines. Après décorticage et triage, l'équipe technique a pris soin de contrôler le poids de bonnes semences afin de s'assurer que les quantités disponibles étaient suffisantes pour ensemercer un hectare. Les semences ont été conservées en sacs polypropylène jusqu'au semis. L'engrais (6-20-10) et le phosphogypse (plâtre agricole) ont été commandés par l'opération et mis à la disposition des producteurs sous forme de prêt remboursable à la commercialisation.

¹ Granox® est composé de captafol-carbofuran

5. Résultats et discussion

5.1 Préparation du sol et semis

Pour des raisons de sécurisation de la production et de débouchés (marchés de la petite graine plus favorable aux conditions de production du Sénégal), il a été décidé de tester certaines variétés hâtives – Tableau 5, dans une zone traditionnellement productrice de variétés tardives.

Tableau 2 : Surfaces emblavées par variété

Variétés	Surfaces emblavées (Ha)
55-437	23
Fleur	15
11	5
SR V1-	5
19	2
73-9-11	
55-33	

Ce changement entraîne bien évidemment un calage de la date de semis afin de s'assurer que la période de récolte se fera hors saison des pluies pour éviter tout risque de regermination de ces variétés hâtives de type spanish non dormantes. Les variétés SRV1-19, 73-9-11 et 55-33 sont issues d'un programme de sélection conjoint ISRA/CERAAS-CIRAD, elles ont été évaluées par la recherche, multipliées dans différentes conditions (pluviales, irriguées) et soumises à l'appréciation de certains traders européens qui les ont reconnues comme répondant bien aux critères du marché export de la petite graine.

Suite aux essais antérieurs de date de semis, il a été conseillé aux producteurs de semer après le 10 juillet, ce qui a été appliqué par tous. Ce décalage leur a laissé le temps de semer leurs cultures de mil et d'arachides tardives sur les premières pluies de juin. Ces pluies de juin ont favorisé la levée des adventices ce qui a nécessité un travail (binage) du sol avant le semis de juillet. Les pluies de début de campagne ont été bonnes, les semis ont été effectués dans de bonnes conditions avec une densité moyenne à la levée de près de 100.000 pieds/ha.

Après le semis la pluviométrie a été bien répartie avec un cumul moyen de 800 mm – Tableau 6. Plusieurs champs voisins, non concernés par l'opération, ont été suivis comme témoins. Tous ces champs ont été semés avec la variété tardive 73-33 traditionnellement produite dans cette zone. Dans ces champs, la densité moyenne constatée a été de 72.000 pieds/ha.

Tableau 3 : Pluviométrie décadaire (mm) - Paoskoto.

	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.
Décade 1	22.1	47.0	105.0	20.0	13.0
Décade 2	67.1	51.5	115.5	122	0
Décade 3	33.1	134.5	73	26	19
Total mensuel	122.3	233.0	293.5	168.0	32
Cumul		355.3	648.8	816.8	848.8

5.2 Entretien des champs

L'entretien des champs, déterminant pour une bonne installation et un bon développement des plantes vis-à-vis de la faible ressource en eau, a été globalement bien conduit avec en moyenne 3,7 binages par champ à la houe sine (traction animale) et 1,6 binages manuels entre les pieds sur les lignes.

La pression parasitaire a été normale et sans grande conséquence sur les rendements. Cette zone a heureusement échappé aux attaques de criquets qui ont gravement endommagé certaines zones de production du Sénégal.

5.3 Récolte

A partir du 80^{ème} jour après le semis puis tous les 5 jours, des tests de maturité ont été faits sur quelques pieds pris au hasard dans chaque parcelle pour un examen de toutes les gousses et un classement suivant la consistance et la couleur du parenchyme interne de la coque. La maturité est considérée comme atteinte lorsque de petites taches brunes apparaissent sur ce parenchyme interne de la coque. Suite à ces tests, la récolte a été effectuée entre le 15 et le 25 octobre suivant les variétés.

5.3.1 Densités à la récolte

Le traitement des semences et le bon entretien des champs ont permis d'obtenir une densité moyenne à la récolte voisine de 85 000 pieds/ha soit 85% de la densité à la levée contre seulement 57 500 pieds (79%) pour la variété témoin 73-33 – Figure 2. Le plus fort taux de mortalité pendant le cycle végétatif a été enregistré sur la variété Fleur 11 (25,5%) contre 16,3% pour les variétés 55-437 et 73-9-11 et seulement 8% pour la variété SRV1-19.

Par rapport aux écartements recommandés de 50 cm entre les lignes et 15cm entre les pieds sur une même ligne, les écartements moyens mesurés entre les lignes confirment le respect de cet écartement avec en moyenne : 48,6cm à Gapakh, 43,1cm à Paoskoto, 45,8cm à Ndéméne et 50,5cm à Dagga. Par contre, l'écart avec la densité théorique de 133 000 pieds/ha provient essentiellement d'un écartement irrégulier entre les pieds d'une même ligne dû à une mauvaise distribution des graines, conséquence d'une part de la vétusté des semoirs et d'autre part des disques par toujours adaptés à la taille des graines ou des disques de fabrication artisanale mal ajustés au système d'entraînement. En général les producteurs ont utilisé le disque type 24 trous pour la variété Fleur 11 et le disque type 24 crans pour les autres variétés.

5.4 Rendements

Juste avant la récolte, des échantillons de pieds ont été prélevés dans chaque champ (carrés de rendements) afin dévaluer la production en gousses et fanes et aider à l'organiser de la commercialisation (besoins en trésorerie, en sacherie, logistique de transport, etc).

5.4.1 Rendements en gousses et fanes

Les estimations de rendement prévoyaient d'excellents rendements avec une moyenne de 1600 kg/ha. Dans une situation de crise semencière et malgré l'engagement des producteurs, une partie de la production a été conservée par ces derniers. Malgré tout, le rendement moyen en gousses obtenu à partir des quantités livrées est très correct avec 1168 kg/ha avant tri par les producteurs et 1068 kg/ha après tri (Fig. 3), contre seulement 700 kg/ha pour la production non triée à partir des champs témoins. Cette opération a permis de produire et commercialiser 58 401 kg sur les 50 hectares emblavés. Le rendement moyen en fanes a été de 2180 kg/ha ce qui est largement équivalent aux rendements obtenus avec les variétés tardives de cette zone et satisfaisant pour les producteurs qui comptent beaucoup sur cette ressource fourragère pour nourrir en priorité les animaux de trait et d'embouche.

Dans le détail, il n'y a pas de différence significative entre les variétés pour le rendement gousses en kg/ha (sur la base des quantités livrées). Par contre il y a une différence importante entre les variétés concernant le rendement en gousses par pied (Tableau 7) qui varie de 13 à 33 g. Le plus fort rendement est obtenu avec la variété Fleur 11 mais comme très souvent pour l'arachide, le rendement par pied est fortement corrélé à la densité ($r = -0,873$) – fig. 4, ce qui fut le cas dans les conditions de cette campagne, la variété Fleur 11 ayant obtenu la plus faible densité. Les rendements les plus faibles ont été obtenus sur le site de Dagga, la différence avec les autres sites peut être attribuée à des sols relativement plus lourds qui ont occasionné des pertes à l'arrachage par des « restes en terre ».

Figure 1 : Densités à la récolte par variété et par site (pieds/ha)

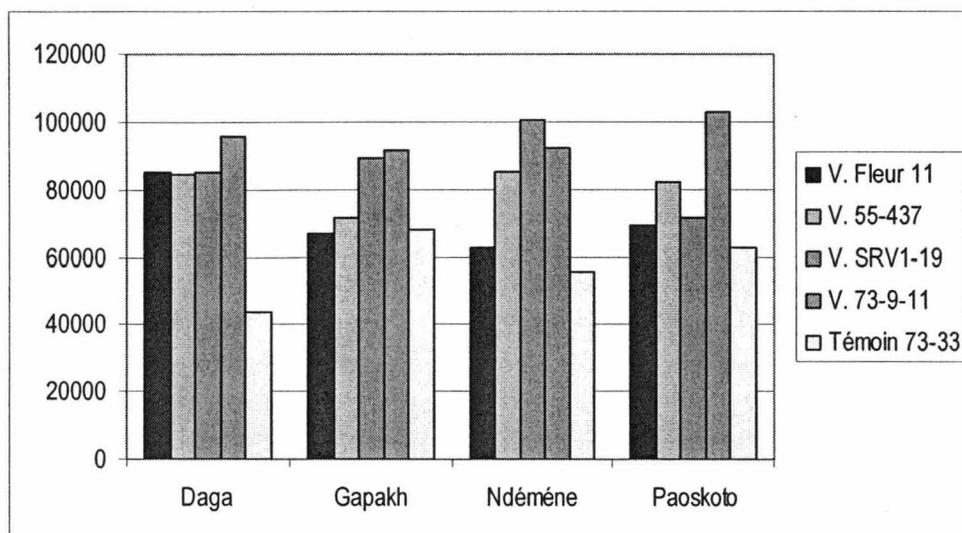


Figure 2 : Rendements moyens en gousses & Fanes. (kg/ha)

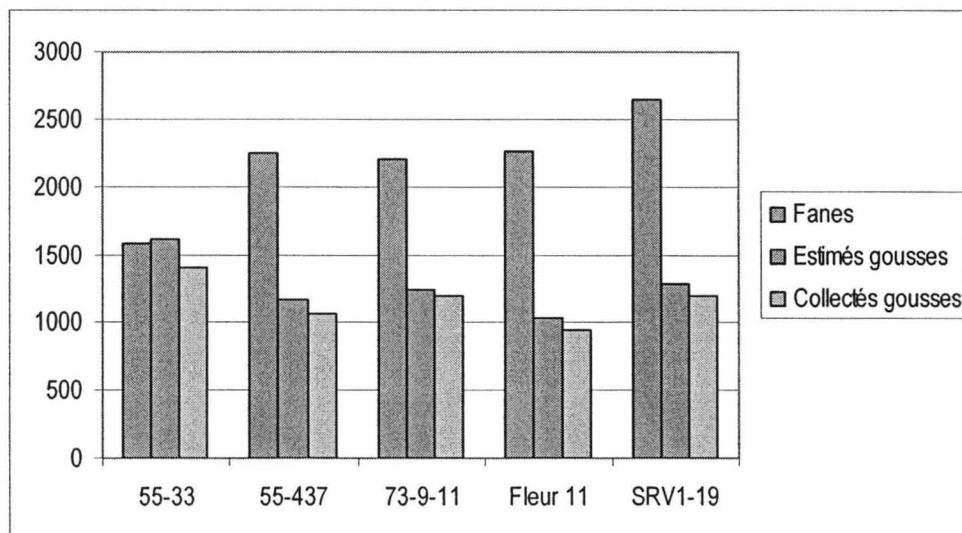
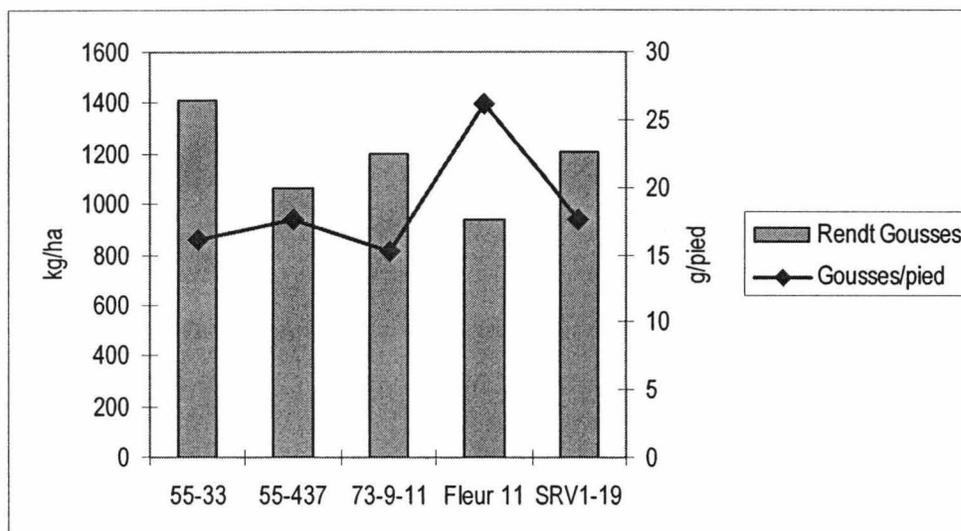


Figure 3 : Rendements moyens en gousses



Ces variétés devront être confirmées au cours des prochaines années en espérant pouvoir les associer à d'autres variétés. Il est important que la recherche nationale (ISRA) poursuive son programme de sélection visant à obtenir des variétés hâtives et dormantes² qui permettront de mieux sécuriser la production même en cas de pluies tardives au moment de la récolte.

Tableau 4 : Rendements en gousses par variété et par site.

Sites	55-437		Fleur 11		SRV1-19		73-9-11		55-33		Moyennes	
	Kg/ha	G/pied	Kg/ha	G/pied	Kg/ha	G/pied	Kg/ha	G/pied	Kg/ha	G/pied	Kg/ha	G/pied
Firgui	995	16.3	1068	33.5	1156	15.6	1047	16.9	-	-	1046	17.0
Gapakh	986	13.1	1182	23.4	1021	18.0	1141	14.5	-	-	1069	21.2
Paoskoto	1294	19.4	971	32.0	1371	19.6	1060	13.0	-	-	1179	22.1
Ndémène	1146	17.3	913	25.5	1549	16.7	1687	20.4	1655	19.3	1165	20.3
Dagga	942	17.1	780	22.1	915	17.8	1059	11.2	1164	13.0	918	18.1
Moyennes	1063	17.0	942	26.2	1202	17.5	1199	15.2	1410	16.1		

5.5 Commercialisation

5.5.1 Problème des aflatoxines

L'objectif de qualité d'une arachide de bouche ou de confiserie ne peut être atteint qu'au travers de la maîtrise et de la sécurisation des différents stades de la production, de la transformation, du stockage et

² Chez l'arachide, les variétés hâtives du groupe Spanish contrairement aux variétés tardives (Virginia) sont dites non dormantes car elles regerment dès qu'elles ont atteint leur maturité physiologique et si les conditions sont favorables (sol humide par exemple).

de la distribution. Dans les contrats de vente des produits arachidières (graines, gousses, pâtes, etc.), les paramètres analytiques courants (teneur en eau, grades, etc.), sont complétés par de nouvelles exigences ayant trait à la sécurité alimentaire et tout particulièrement les limitent concernant un certain nombre de contaminants dont les plus courants sont :

Mycotoxines (aflatoxines)

Résidus de produits phytosanitaires

Contaminants environnementaux (métaux lourds, dioxines, etc.)

Pathogènes humains (Salmonelles, coliformes, etc.)

Les aflatoxines, produites par *Aspergillus flavus* et *parasiticus*, affectent régulièrement les arachides cultivées et transformées dans de mauvaises conditions. Ces toxines sont présentes au nombre de 4 dans les arachides (aflatoxines B1, B2, G1 et G2) et ont des propriétés carcinogènes (foie) et mutagènes. Elles favoriseraient également l'occurrence de la maladie du Kwashiorkor chez les enfants. Ce phénomène est amplifié au niveau des populations rurales dont l'arachide constitue souvent une des bases de l'alimentation.

Ces composés thermostables sont éliminés par traitement à l'ammoniac lors du raffinage de l'huile, mais il n'existe, jusqu'à présent, aucun moyen de les extraire des arachides de bouche et dérivés (pâte d'arachide, etc.). Au contraire, une partie des arachides consommées localement au Sénégal provient des écarts de tri de l'industrie de bouche qui sont vendus aux commerçants locaux alors qu'ils représentent une menace sanitaire pour les consommateurs.

Dans ces conditions, la limitation du risque sanitaire associé à la consommation d'arachide contaminée par l'aflatoxine passe par l'amélioration des pratiques de culture, de transformation et d'hygiène sur l'ensemble de la filière arachide de bouche et la mise en place du système de gestion de la qualité avec pour objectif d'améliorer la qualité globale du produit et de destiner des lots non conformes ainsi que les écarts de tri vers l'industrie d'huilerie. Les produits contaminés sortiront donc du circuit de commercialisation en arachide de bouche ce qui participera à réduire leur présence sur le marché sénégalais et ainsi diminuer les risques d'exposition des consommateurs locaux aux aflatoxines.

Dans le cadre de cette opération test, de nouvelles variétés ont été introduites dans cette zone, notamment la variété 55-437 reconnue pour sa tolérance à l'aflatoxine, ainsi que des pratiques culturales visant à mettre la plante dans les meilleures conditions, afin qu'elle puisse exprimer toutes ses capacités de défense notamment par la production de phytoalexines qui la protègent des attaques de champignons.

5.5.2 Procédures de commercialisation

Les graines contaminées sont essentiellement contenues dans des gousses immatures, percées, cassées, bruchées, etc., il a donc été convenu avec les producteurs, qu'ils éliminent ces gousses et les débris végétaux afin d'améliorer la qualité des lots livrés. Une fiche technique de présentation de ces différents défauts a été remise aux producteurs un mois avant la récolte (Annexe 2). Ce tri primaire représente un début de transfert des activités de contrôle de la qualité vers les producteurs dans la perspective de les associer à cette démarche mais également de favoriser le transfert de plus-values par une rémunération indexée à la qualité. En concertation avec les producteurs il a été décidé d'appliquer trois tarifs suivant le niveau de qualité exprimé par le taux de défauts sur gousses et le rendement au décorticage.

Ce système a relativement bien fonctionné avec 65,2% des lots qui ont été classés en B et 18,5% en C. Un quart de la production est restée en A (Fig. 6). Les deux principales raisons de l'absence de tri pour

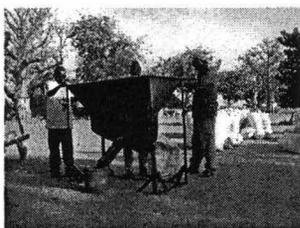
25% des producteurs sont : le manque de temps pour les 2/3 de ces producteurs et le manque de main d'œuvre pour l'autre tiers. Il reste donc à mieux apprécier le coût (humain, financier, etc.) de ce tri pour ajuster au mieux les tarifs et les rendre incitatifs pour les producteurs.

5.5.3. Qualité de la production

Pendant la période de séchage, de vannage et de tri, l'équipe technique a eu à visiter tous les producteurs afin de constater l'avancement de ces activités, conseiller les producteurs et distribuer la sacherie ainsi que des bâches (8m x 10m) pouvant servir aussi bien à faire sécher les gousses qu'à les protéger en cas de besoin.

La commercialisation a débuté le 9 décembre 2004, elle a été effectuée par site pour éviter de trop longs déplacements aux producteurs. Une équipe mobile, équipée d'une bascule 500 kg, d'un échantillonneur, du matériel d'analyse et des fonds de commercialisation, s'est donc déplacée de site en site sur une période de 15 jours suivant un calendrier fixé d'avance en concertation avec les producteurs.

Figure 4 : Echantillonneur.



Dans un premier temps chaque lot a été échantillonné avant d'être pesé. L'échantillonnage consiste à prélever quelques kilogrammes d'arachide dans chaque sac et passer la totalité dans un échantillonneur – Figure 5, afin d'obtenir un échantillon soumis de 1 à 2 kg. Cet échantillon est immédiatement analysé par un tri des gousses suivant les défauts apparents pour un classement en défauts majeurs et mineurs puis est calculé le pourcentage de ces défauts pour déterminer la catégorie du

lot. Les gousses remélangées sont décortiquées pour déterminer le rendement au décortiquage. Avec la participation des producteurs, cette opération demande environ 15 minutes par lot. Les résultats sont inscrits sur un reçu de commercialisation ainsi que le poids livré, le montant des retenues (intrants avancés) et le prix net payé. Le producteur et l'opérateur signent ce reçu et une copie est remise au producteur.

La qualité technologique de la production achetée aux producteurs est globalement bonne avec un rendement au décortiquage tout venant (TV) moyen de 71,2%. En comparaison le rendement au décortiquage obtenu à partir des productions des champs témoins traditionnels a été de 67%. L'application de phosphogypse a certainement contribué à ce meilleur résultat.

Le rendement moyen en graines sélectionnées HPS est également très bon pour une production en conditions pluviales puisqu'il atteint une moyenne de 56,4% contre 44,0% pour la variété 73-33 produite en conditions traditionnelles notamment sans engrais ni amendement calcique. Le poids de 100 graines est bon avec 53,5 g pour la variété Fleur 11 qui produit les plus grosses graines et aux alentours de 35 g pour les autres variétés.

L'analyse des lots en fonction de leur catégorie de classement révèle également des différences importantes – Tableau 8. L'élimination notamment des défauts majeurs qui passent de 11,6% en catégorie A à seulement 3,5% en catégorie C, contribue à l'augmentation du rendement en graines HPS qui passe de 55,3% à 60,3% (Figure 8). Dans le détail l'élimination des gousses percées (Figure 7), a une forte incidence sur le rendement en graines HPS ($R=-0,3681$). L'élimination de ces gousses non conformes permet d'augmenter la densité des lots. Cette densité des lots a une bonne corrélation avec le pourcentage de graines HPS avec $R=0,3028$ (Figure 9) et peut être un bon indicateur d'analyse au moment de la commercialisation.

Tableau 5. : Analyse technologique par catégorie.

Catégories	% défauts majeurs	% défauts mineurs	Densité moyenne g/l	Rendit décortiquage TV	Rendit décortiquage HPS
A	11,6	31,7	315	69,7	55,3
B	6,6	29,7	324	71,6	57,4
C	3,5	13,3	328	73,5	60,3

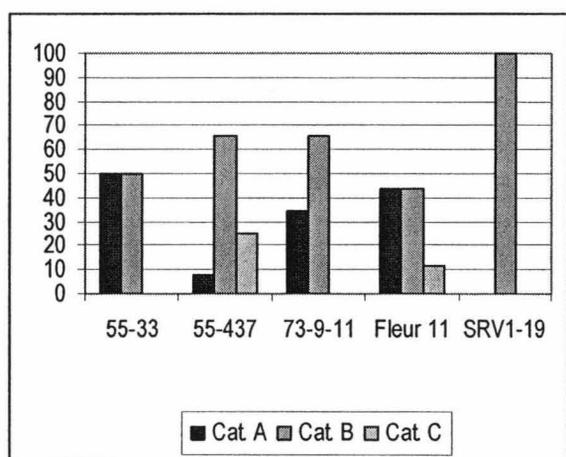


Figure 5 : Répartition des lots par variété et par catégorie.

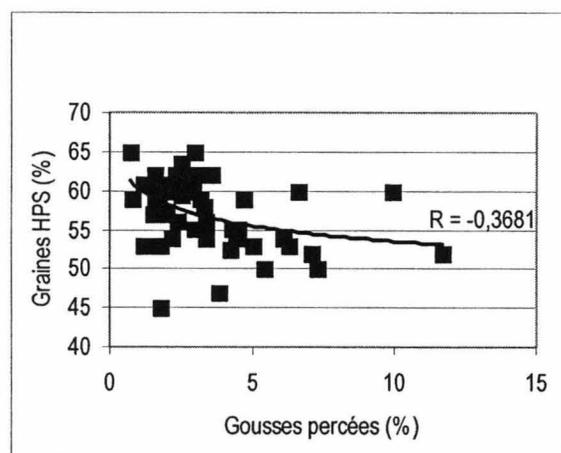


Figure 6 : Corrélation gousses percées/HPS

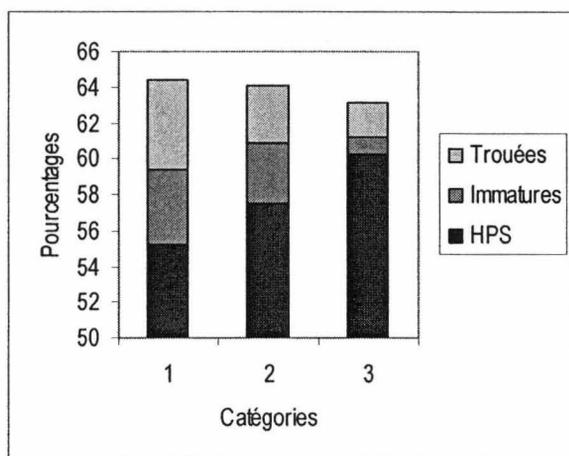


Figure 7 : Taux de graines HPS et défauts par catégorie

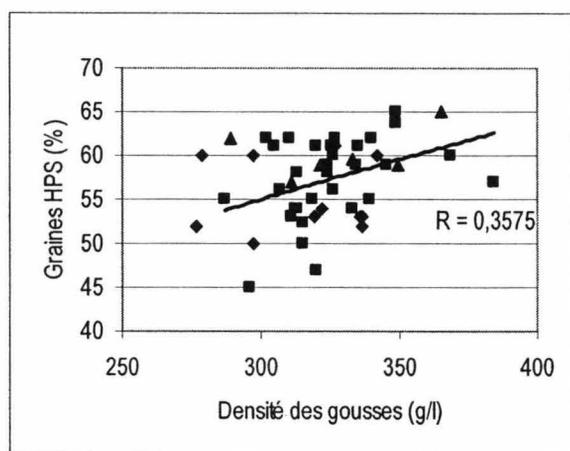


Figure 8 : Corrélation densité des gousses-Rdt HPS.

► Défauts majeurs

Suivant le cahier des charges des utilisateurs, ces défauts sur gousses sont les plus révélateurs d'une colonisation par les *Aspergillus sp.* donc susceptibles de présenter le plus fort taux de contamination

par les aflatoxines. Les gousses moisies, percées ou attaquées, bruchées et scarifiées constituent ces défauts majeurs. La moyenne générale des défauts majeurs pour l'ensemble des lots livrés a été de 7,3% contre 12,3% pour la variété témoin 73-33

► Défauts mineurs

Ces défauts concernent les gousses à « bout noir », cassées et tachées. En moyenne générale le taux de défauts mineurs a été de 29 % contre 33,8 % pour la variété témoin.

Toutes ces variétés présentent sensiblement les mêmes taux de défauts majeurs et mineurs - Figure 10.

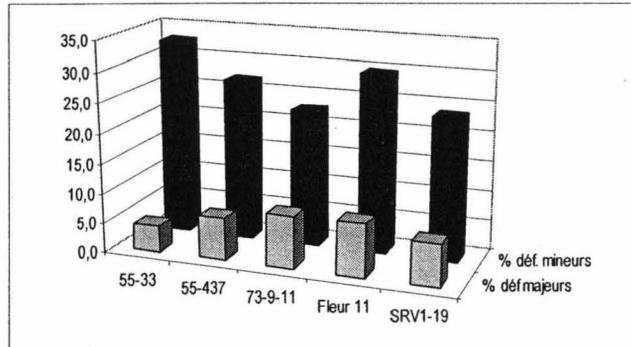


Figure 9 : Défauts majeurs et mineurs par variété (%).

L'analyse détaillée de ces défauts montre une différence significative entre eux (Figures 11, 12). Pour les défauts majeurs on note une majorité de gousses percées et scarifiées ce qui permet de conclure à la présence importante de termites dans les champs. Pour les défauts mineurs c'est la catégorie gousses tachées qui est la plus importante. Ces taches sont la cause d'une pluie après la récolte, au tout début du séchage au champ.

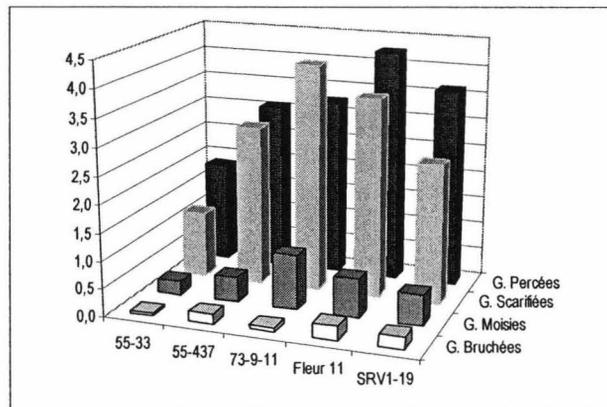


Figure 10 : Défauts majeurs par variétés (%).

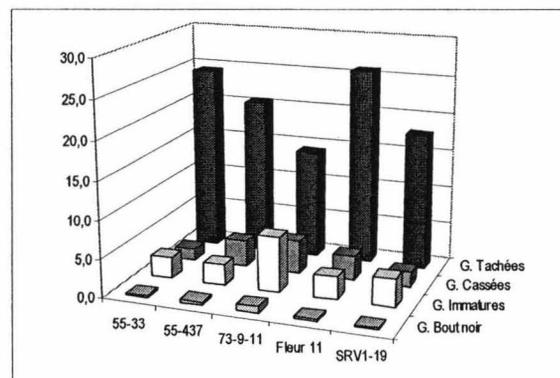


Figure 11 : Défauts mineurs par variété (%).

5.6 Suivi socio-économique

L'adhésion des producteurs et leurs réactions est un point important de cette opération. Trois étudiants de l'ENSA de Thiès ont été accueillis par l'opération et encadrés pour leur stage de fin d'études. Sont résumés ci-après les résultats d'enquêtes et suivis les plus significatifs.

Sur le plan démonstratif, cette opération a eu un impact significatif sur la population agricole de la zone puisque 86% des producteurs annoncent avoir reçu la visite de voisins ou de proches pour s'informer et visualiser leurs champs.

Au vu des résultats, on peut penser que les thèmes techniques proposés par la recherche devraient être adoptés par les producteurs et être considérés comme une suite d'innovations simples pour la production d'arachides de qualité.

Cette opération a également permis d'identifier certaines contraintes ou points faibles qui doivent faire l'objet d'un travail complémentaire avec les producteurs et/ou un appui de l'Etat. Ce sont notamment des contraintes de main d'œuvre et d'équipements, qui pour certains constituent un frein à l'adoption des itinéraires techniques et expliquent le non-respect de certaines recommandations ou retard dans l'exécution.

Cette étude a été effectuée dans un environnement socio-économique, caractérisé par une main d'œuvre limitée (8,6 UTH) pour une exploitation moyenne de 15ha, avec un faible niveau d'équipement souvent vétuste, et un système d'exploitation des sols relativement intense, excluant presque totalement la jachère. Cette situation est d'autant plus critique qu'actuellement l'utilisation d'engrais est très faible et ne compense que partiellement les exportations de la plante.

L'analyse de la qualité amène à constater que 73% des producteurs ont effectué un tri de leur production avec cependant un niveau de qualité des lots livrés qui reste à améliorer. Les premières causes évoquées sont le manque de temps et de main d'œuvre et pour certains un prix encore insuffisamment motivant.

L'entretien de la culture (sarclages, binages) représente une activité très mobilisatrice de main d'œuvre qui peut être une contrainte pour certains producteurs. Là aussi, un meilleur équipement, une augmentation de la traction animale pourraient être bénéfique à ces exploitations.

L'évaluation du matériel prouve son état de vétusté et l'impact que cela peut avoir sur le comportement de la culture notamment avec des semoirs qui ne permettent pas toujours d'atteindre les densités recommandées. Il serait souhaitable qu'un programme d'appui aux agriculteurs leur permet d'accéder plus facilement à ce type d'équipement. Le crédit d'équipement constitue avec les crédits de campagne deux composants indissociables du financement de la production.

Il faut que les producteurs puissent accéder et recevoir les intrants à temps. Ainsi, il est important de mieux organiser la filière d'approvisionnement. Au même titre que les équipements, les producteurs devraient pouvoir bénéficier de facilités financières pour se procurer des semences, des engrais et des produits phytosanitaires. Leur faible pouvoir financier les oblige très souvent à n'acheter que des arachides ordinaires comme semences avec comme conséquences un développement moyen de la culture et des faibles rendements.

Enfin, le transfert de l'innovation doit être accompagné d'une formation et information continue des producteurs. Il est important de poursuivre cette formation et de l'élargir à d'autres thèmes comme les

pratiques de commercialisation, le crédit, les normes de qualité des produits, la production semencière, etc. Plusieurs fiches techniques concernant les bonnes pratiques agricoles, l'identification des défauts sur gousses pour faciliter le tri, les procédures de commercialisation ont été distribuées au cours d'ateliers de formation organisés pendant cette opération.

5.6.1 Contexte économique

Dans les conditions de cette campagne, toutes les exploitations présentent des résultats économiques intéressants. En moyenne, la culture d'une arachide de qualité rapporte une marge nette moyenne de 269 751 Fcfa par hectare sans valorisation de la main d'œuvre familiale et 206 618 FCfa avec valorisation de la main d'œuvre familiale, ce qui est relativement satisfaisant comparé à l'arachide d'huilerie.

Parmi les charges de productions, les intrants et l'entretien des animaux représentent les postes les plus coûteux si l'on ne tient pas compte de la main d'œuvre familiale. Si cette main d'œuvre est prise en compte, elle représente le premier poste –Tableau 9.

Tableau 6: Répartition des coûts de production (%).

	Moyenne sans MOF	Moyenne avec MOF
Amortissement	3%	1%
Entretien des animaux	16%	7%
Main d'œuvre temporaire (MOT)	3%	2%
Intrants	75%	33%
Autres	2%	1%
Main d'œuvre familiale (MOF)	0%	55%

Source : Enquêtes étudiants

Une analyse des facteurs de production a été faite au niveau des exploitations pour essayer de dégager des différences entre les exploitations, cet exercice n'a pas fourni les résultats escomptés. Le compte d'exploitation moyen – Tableau 10, présente les charges fixes³ indépendantes des rendements, les charges variables⁴ influencées par le niveau des activités menées.

³ L'amortissement du matériel est théoriquement calculé sur une période de 10 ans. Dans cette étude le matériel est largement amorti ont donc été pris en considération les coûts de réparation. Pour la traction animale ce coût correspond qu'à l'entretien sachant que bien souvent les animaux sont revendus plus chers qu'ils n'ont été achetés.

⁴ La main d'œuvre extérieure est assez rare, les coûts correspondent aux frais de nourriture. Le coût de la main d'œuvre familiale est rarement pris en compte, dans le cas présent elle a été calculée sur la base du prix de la journée de travail estimé à 500 Fcfa dans la zone.

Tableau 7 : Compte d'exploitation moyen avec valorisation de la m.o. familiale

	Unité	Moyenne
I. Charges fixes		
Amortissement du matériel	FCFA/ha	1672
Entretien des animaux		8 400
Total Charges fixes	FCFA/ha	10 072
II. Charges variables		
MOF		63007
MOT	FCFA/ha	1714
Intrants		37604
Autres		1179
Total charges variables		103504
III. Total charges		113576
Prix unitaire gousses	FCFA/kg	162
Prix unitaire fanes	FCFA/kg	83,33
Rdt gousses	T/ha	1087,9
Rdt fanes	T/ha	1713,3
Revenu gousses	FCFA/ha	175 744
Revenu fanes	FCFA/ha	142 778
IV. Produit monétaire	FCFA/ha	318 522
V. Marge Brute	FCFA/ha	215 018
VI. Marge Nette	FCFA/ha	204 946
VII. Cash flow	FCFA/ha	206 618

Source : Enquêtes étudiants

Le coût des intrants est minimisé puisque l'opération n'a facturé les semences qu'à 100 Fcfa/kg alors que le prix du marché peut aller jusqu'à 450 FCfa et plus. Il conviendra de confirmer ces résultats au cours de la campagne prochaine.

5.7 Conditionnement et évaluation de la valeur commerciale

L'objectif de cette campagne était d'évaluer la capacité des producteurs à appliquer un itinéraire technique amélioré afin d'assurer une production de qualité pour la filière semencière d'une part et la filière arachides de bouche ou de confiserie d'autre part. Toute la production de cette opération (54 tonnes) rachetée aux producteurs, a été transférée dans un magasin de l'ISRA Nioro. Ce magasin a été entièrement réhabilité par l'opération (fermetures, électricité, peintures). Les équipements de conditionnement (décortiqueuse, gradeuse, ensacheuse) ont également été transférés de St Louis.

Il est prévu que la majeure partie de la production (environ 38 tonnes) soit conservée comme semences pour l'opération pilote de 2005 et que le reste (15 tonnes) soit tester sur le marché. A cet effet la société Chocosen⁵ a été contactée pour tester la qualité du produit livrée par l'opération. Cette société transforme des graines d'arachide en farine ou en pâte pour la consommation humaine, elle traite environ 1800 tonnes par année. La présence régionale de sa maison mère lui ouvre un marché

⁵ Chocosen : Cette société Sénégalaise appartient au groupe Barry Callebaut très présent en Afrique (Cameroun, Côte d'Ivoire, Gabon, Ghana). Chocosen a été créée en 1981, est spécialisée dans la fabrication de chocolat pâté.

important qui compte plus de 200 millions de consommateurs. La société Chocosen qui a été certifiée ISO 9001 Version 2000 en septembre 2003, s'engage clairement vers la qualité en achetant notamment des matières premières de qualité afin de pouvoir répondre aux exigences des marchés notamment régionaux et internationaux, ce qui n'est pas toujours possible actuellement pour la pâte d'arachide, compte tenu du niveau de contamination en aflatoxine de la matière première commercialisée au Sénégal. L'expérimentation avec cette société pourrait porter sur la transformation de graines en farine dans le cadre d'un programme conjoint avec le PAM (alimentation infantile) et la transformation en pâte comme ingrédient du produit phare destiné à la consommation nationale et à l'export.

Il était prévu de commercialiser à l'export une petite partie en gousses. Après étude de ce marché il est apparu que les quantités prévues n'étaient pas assez importantes pour une évaluation sur le marché équitable européen qui était visé. Cette opération pourra être reprise ultérieurement. Un autre point négatif par rapport à cet objectif a été la présentation générale de gousses qui, ayant subi une petite pluie au moment du séchage, présentaient un aspect taché non conforme au cahier des charges des importateurs. Le coût du tri manuel était trop prohibitif pour entreprendre ce travail sur de grandes quantités. Ce constat est révélateur de la démarche à adopter pour une exportation en gousses de qualité à savoir, qu'il faut absolument exiger un égoussage en vert des gousses exportables (les autres pouvant être laissées sur le pied pour un séchage traditionnel) suivi immédiatement d'un séchage sécurisé en couches minces pour conserver l'apparence physique des gousses et une qualité sanitaire maximale.

l'expérimentation de variétés hâtives dans cette zone, avec les précautions nécessaires, a permis d'obtenir d'excellents rendements tant quantitatifs que qualitatifs et la valorisation en graines HPS devrait être significative avec des rendements moyens supérieurs à 40% comparé aux 20% et quelque fois moins qu'obtiennent actuellement les industriels. C'est sans doute pour l'instant la filière petite graines de Spanish (variétés hâtives) la mieux adaptée aux pratiques en cours.

5.8 Les activités de décorticage tri et conditionnement

5.8.1 Phase de pré-usinage

Au moment de la commercialisation auprès des producteurs, tous les lots ont été analysés et classés par catégorie (ségrégation) avec codage de chaque sac (traçabilité). Les lots commercialisés ont été placés sous bâches de protection avant d'être évacués vers le site de transformation/stockage (Figure 13). Cette précaution est indispensable pour assurer le maintien de la qualité des lots qui sont exposés à diverses sources de dégradation physique et sanitaire. De plus pour limiter ce risque, les lots ont été très rapidement transférés (moins d'une semaine après commercialisation).

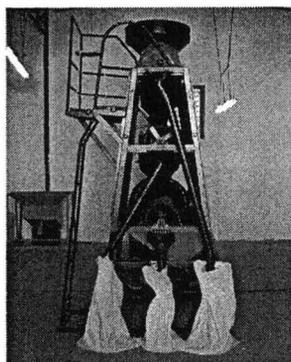


Figure 12 : Point de collecte et de commercialisation.

5.8.2 Usinage

Cette phase d'usinage consiste à décortiquer, trier, calibrer et conditionner les arachides de bouche. La mise au point d'une petite décortiqueuse et d'une gradeuse/calibreuse permettent de traiter la production dans de bonnes conditions (Figure 14). Les lots sont traités individuellement et chaque sac conserve son étiquetage avec son code de traçabilité. Après décorticage, le produit décortiqué subit un premier tri manuel (tamis) pour éliminer les petites gousses non décortiquées. Les graines sont ensuite passées à la gradeuse. Pour les variétés utilisées cette année, la gradeuse était équipée de 3 jeux de grilles 8,5 – 7,5 et 6,5mm permettant de séparer le lot de graines en 3 catégories suivant leur taille. La

qualité des gousses a permis d'obtenir un rendement moyen de 40% en graines HPS (grade supérieur) – Tableau 12, bien supérieur à la moyenne de 10-20% enregistrée par les industriels à partir de gousses tout venant.



Cette première opération laisse penser qu'il faille encore améliorer la qualité des gousses et notamment prévoir une opération prè-décorticage qui permettrait soit de calibrer les gousses pour ajuster ensuite la décorticqueuse au calibre des gousses sans augmenter le taux de casse très important lorsque l'on traite de la semence, soit d'éliminer les plus petites gousses pour réduire au maximum le pourcentage de gousses non décorticquées. Dans les deux hypothèses l'objectif étant d'augmenter le taux de rendement au décorticage machine qui est de 63,5% dans le cas étudié contre 71% à la main et réduire au maximum le coût du tri avant gradage.

L'opération de gradage est complétée par un tri manuel sur le grade supérieur qui permet d'améliorer la qualité des graines HPS. Les premiers résultats d'analyse⁶ de contamination en aflatoxine confirment cette opération – Tableau 11.

Figure 13 : Décorticqueuse et gradeuse

Tableau 8 : Analyse partielle des lots de graines

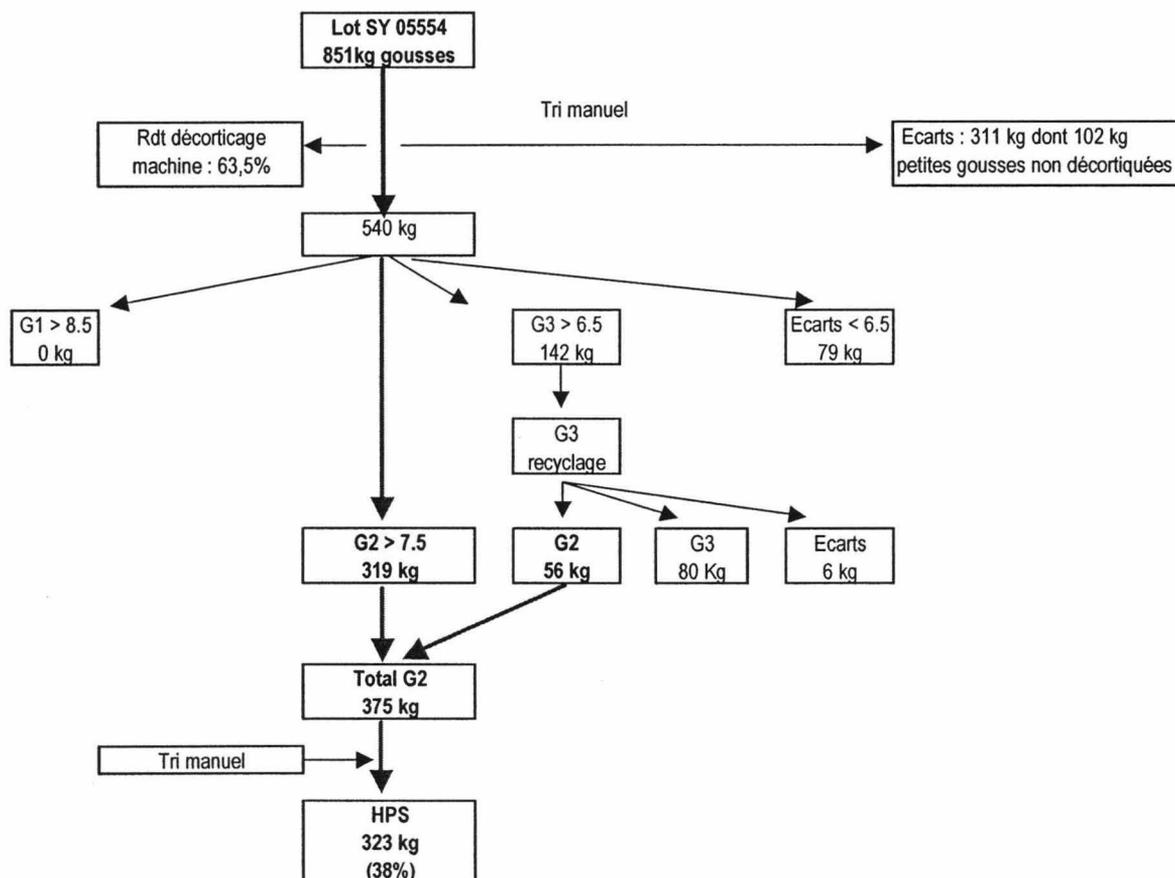
Lots	Graines	% huile	% Tourteaux	Aflatoxine B1 dans les tourteaux	Aflatoxine B1 dans les graines
BI 05 554	Sorite gradeuse	50,51	49,49	< 02	< 02
	Sortie tri HPS	49,66	50,34	< 02	< 02
SY 05 554	Sorite gradeuse	49,01	50,99	22	11
	Sortie tri HPS	49,52	50,48	< 02	< 02
GA 05 554	Sorite gradeuse	49,54	50,46	99	50
	Sortie tri HPS	48,40	51,6	< 02	< 02
BR 01 554	Sorite gradeuse	49,91	50,0	< 02	< 02
	Sortie tri HPS	49,41	50,59	< 02	< 02

L'analyse réalisée sur 4 lots de la variété 55-437 est très révélatrice de la qualité de la production puisque seuls deux lots non triés présentent une légère contamination par l'aflatoxine B1 et aucun lot après tri manuel ne présente un taux de contamination supérieur à 02 µg/kg (ppb).

Ce bon résultat est réconfortant et démontre que l'on peut produire des arachides de bonne qualité en respectant certaines pratiques.

⁶ Les analyses ont été effectuées par le laboratoire de la SONACOS Kaolack fin février 2005.

Tableau 9 : Exemple de décortiquage/triage sur un lot.



Après usinage, le stock d'arachide sera traité et stocké pour une conservation de la qualité semencière des lots jusqu'en juin 2005. Afin de préserver la qualité physique des lots, ils seront bâchés à l'intérieur du magasin et fumigués au PH₃ suivant les doses présentées dans le tableau 13.

Tableau 10 : Doses recommandées pour la fumigation au PH₃ des coques et graines d'arachide.

Produit à traiter	Nombre de pastilles de 3g		Matière active (PH ₃ en g/m ³)	Matière active efficace (PH ₃ en g/m ³)
	/m ³	/tonne		
Grosses arachide en coque (type GH 119-20)	2	8	2	0.95
Petites arachide en coque (type 55-437)	3	8	3	1.5
Graines d'arachide	2	4	2	0.65

La durée de fumigation conseillée est de 5 jours pour les températures inférieures ou égales à 25°C et de 4 jours pour les températures supérieures à 25°C. Il convient d'assurer un niveau minimum d'humidité en plaçant par exemple des coupelles d'au à côté des pastilles, pour favoriser la vaporisation de PH₃.

5.9 Coûts du décortilage et tri graines HPS

Un premier calcul économique a été entrepris sur un lot de 5330 kg de gousses – Tableau 14.

Tableau 11 : Analyse économique des coûts de production d'ARB (Unité pilote de Niore 2004/05).

	Quantité	Prix unitaire	Total
Achat gousses	5330	162,5	866125
Transport magasin	5330	15	79950
Décortilage/calibrage	5330	55	293150
Amortissement équipements	5330	8	42640
Salaire responsable unité	5330	18	95940
Gardiennage	5330	2	10660
Sacherie HPS	2130	10	21300
Electricité	5330	4,5	23985
Vente écarts	1330	200	-266000
Coût total			1167750
F Cfa/Kg HPS			548
Marge transformateur 15%			82
Prix départ unité transformation			630

Le rendement au décortilage mécanique est de 65%. Ce bon rendement a pu être obtenu en assurant un flux d'approvisionnement minimum de la machine mais avec une augmentation du temps de travail. Pour éviter le maximum de casse (split, brisures), l'écartement entre la grille de fond de la décortiqueuse et les batteurs a été ajusté sur une taille moyenne des gousses mais avec comme conséquence une augmentation du pourcentage de gousses non décortiquées (différence entre décortilage manuel et mécanique) et donc obligé à un tri de ces gousses non décortiquées avant passage des graines dans la gradeuse. L'amortissement des équipements a été calculé sur une période de 5 ans. Le coût de la main d'œuvre est un peu sous-évalué pour une main d'œuvre temporaire par rapport à des saisonniers ou des permanents. Il n'y a pas de coût d'infrastructures (bâtiments) dans ce premier calcul.

Dans la configuration de cette campagne, le coût du décortilage paraît élevé. Il faudra réduire le coût de certains postes en essayant par exemple d'augmenter la rentabilité des machines, mécaniser certaines activités, former le personnel et bien sûr améliorer encore la qualité de la matière première.

6. Conclusions et perspectives

Cette opération pilote a démontré qu'en respectant un itinéraire technique adapté, il était possible de produire une arachide de qualité dans cette zone du Sénégal et que s'il était encore nécessaire de le prouver, une grande majorité des producteurs a cette capacité. Cependant, le contexte socio-économique dans lequel ils évoluent n'est pas très favorable avec notamment, peu de moyens pour l'acquisition de l'innovation technique, pour la conduite de la culture et pour le traitement correct de la production. Dans les conditions de cette campagne agricole, l'augmentation des rendements a été très significative et avec un prix indexé à la qualité, les producteurs de l'opération ont eu des revenus en nette augmentation. Au niveau de la transformation, la qualité initiale de la matière première a également permis d'augmenter significativement le rendement moyen en arachide HPS et permet d'entrevoir d'une façon concrète la spécificité d'une filière arachide de bouche et non plus d'un

produit obtenu par « écrémage » d'une partie de plus en plus réduite et de moins en moins rentable, d'arachides issues de la filière huilerie.

Bien que la réduction des coûts de production puisse être envisagée sans un optimisme démesuré, par rapport aux premiers résultats de cette opération, la qualité a un coût et ne peut donc être rentable que si elle est reconnue sur les marchés. Au Sénégal, la concurrence d'un marché traditionnel sans régulation sanitaire risque d'être pénalisante pour une arachide de bouche de qualité si les consommateurs n'accordent pas d'importance à ce facteur ou si les pouvoirs publics n'envisagent pas d'appliquer et de faire respecter une réglementation sanitaire conforme à une bonne protection de la santé publique. La question est de savoir si les industriels, les grossistes et les détaillants sont intéressés à commercialiser une arachide de bouche de qualité maîtrisée et, à combien sont-ils prêts à payer la matière première pour sécuriser leurs approvisionnements. Par contre, cette approche intégrée répond bien pour une exportation d'arachides de bouche avec un marché international en évolution constante depuis plusieurs années. Indépendamment du marché de l'arachide en graines HPS sur lequel le Sénégal peut se positionner avec des atouts importants (traditions de production de l'arachide, proximité de l'Europe, marché petite graine plus ouvert, etc.), il est possible que certaines sociétés nationales envisagent la transformation de ces graines (arachides blanchies, salées, grillées, pâtes, beurre etc.) pour ajouter de la plus value et toucher des marchés assez rémunérateurs aussi bien régional qu'international. Ces marchés sont cependant soumis à des normes élevées de qualité qu'il convient de respecter si l'on souhaite s'y maintenir de façon durable. La qualité de la matière première est au cœur de la filière et dans tous les cas le producteur devra être considéré comme un partenaire à part entière et être associé techniquement et financièrement dans cette démarche intégrée de l'élaboration de la qualité et de sa valorisation.

La qualité de l'arachide a des implications au-delà de la simple consommation de la graine puisque l'on peut retrouver l'aflatoxine dans les tourteaux et dans le lait des vaches laitières ayant consommé des tourteaux contaminés.

L'opération a permis l'accueil de trois élèves ingénieurs de l'Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie (ENSA) de Thiès dans le cadre de leur stage de fin d'études. Ces trois étudiants ont pu soutenir leurs travaux de stage avec succès pour l'obtention de leur diplôme. La formation technique est indispensable et ne peut que renforcer les compétences et la vision de ces futurs responsables de l'agriculture.

L'opération a eu à organiser plusieurs visites dont une journée porte ouverte avant la récolte qui a permis à de nombreux visiteurs d'apprécier la qualité des champs et recueillir les appréciations des producteurs.

Le partenariat a permis de fédérer des acteurs travaillant dans cette zone et de valoriser des moyens humains et financiers au profit d'un objectif commun. Ce partenariat a également facilité la circulation de l'information.

Cette opération apporte un début de réponse à la faisabilité du développement d'une filière de production d'arachide de qualité au Sénégal. Cependant, ce développement sous-entend un encadrement et une formation des producteurs et un partenariat fort avec le secteur de la transformation. Il paraît également nécessaire que la filière puisse bénéficier de conditions favorables afin de réduire les distorsions du marché international.

Il est important de poursuivre cette opération à une échelle plus importante (les semences sont disponibles pour emblaver 200-300 ha en 2005) en développant un partenariat fort et motivé avec le secteur privé dans le but d'identifier clairement les marchés et leurs exigences tout en intégrant parfaitement les contraintes de la production, en assurant un encadrement technique (intrants

appropriés, pratiques culturelles, techniques post-récolte), financier (accès aux intrants, remplacements des équipements, soutien du prix de l'arachide ARB) et structurel (appui aux organisations de producteurs, cadre de concertation et de décisions, formation, etc) aux producteurs.

Cette opération appuyée par les organismes de recherche et de développement, doit contribuer et participer à la mise en place des bases d'une filière professionnelle et assurer le transfert progressif vers les organisations de producteurs tout en développant des relations techniques et commerciales avec les autres acteurs de la filière.

Dans les perspectives, les principales activités à développer concernent :

► Les nouvelles normes à l'export sur le marché mondial en matière de contamination par les aflatoxines posent un défi considérable pour les pays exportateurs d'arachides de bouche. Il est donc important de continuer la promotion de cette filière associant, les autorités, la recherche, les producteurs, les industriels et autres acteurs. Il advient donc de continuer les activités menées dans ce sens et d'entreprendre assez rapidement la mise en place d'un plan de contrôle et de certification et de renforcer l'outil laboratoire. Un système d'assurance qualité sur toute la filière (depuis les semences jusqu'au contrôle à l'exportation), doit être développé afin de sécuriser et de maîtriser toutes les étapes de production et de transformation des arachides de bouche et d'atteindre les objectifs « qualité » fixés par les cahiers des charges et réglementations des transformateurs et des pays importateurs

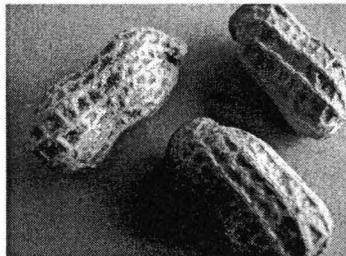
► Le post-récolte (maintien de la qualité à la récolte, techniques d'égoussage, séchage, battage) et transformation (équipements de décorticage et de trié) reste une étape importante sur laquelle l'opération doit travailler en s'associant à des entreprises capables de développer une technologie appropriée.

► Au Sénégal, pour les produits issus de la transformation artisanale, la fixation du prix s'effectue par confrontation de l'offre et de la demande sur le marché local. Il ressort de différentes études de ces marchés, que les prix locaux sont déconnectés du prix mondial. Dans la formule de fixation du prix officiel de l'arachide en gousses par l'interprofession, on prend en compte les coûts de collecte de transport, de transformation qui sont très peu contrôlés. Il n'y a donc aucune incitation au progrès de productivité et de qualité de la filière. Du fait de la mauvaise qualité de la matière première, certains industriels de la transformation n'ont pas actuellement la possibilité d'exporter. La reconnaissance de la qualité par un prix supérieur au tout venant, permettrait d'une part d'inciter les producteurs à appliquer des pratiques mieux appropriées (emploi de bonnes variétés, application de bonnes pratiques de production, de récolte et de séchage) et contribuerait à une augmentation des rendements ainsi qu'une meilleure répartition des plus-values et serait profitable à toute la filière. L'opération pilote conduite au Sénégal a mis en place une **rémunération à la qualité** prenant en compte le taux de gousses non conformes (moisies, percées, immatures, cassées, etc) dont dépend essentiellement la contamination par les aflatoxines. Néanmoins, le mécanisme de prix fixé doit être soutenu par une **protection aux frontières** suffisante pour assurer une préférence nationale ou communautaire, lorsqu'il s'agit d'une union douanière, et permettre une différence entre le cours mondial et les prix à l'intérieur du marché.

► L'information, la mise en place d'un observatoire de la filière, la promotion, sont des outils indispensables à l'interprofession qu'il faut développer.

ANNEXES

ARACHIDE DE BOUCHE



* * *

FORMATION DES ENCADREURS AGRICOLES AUX BONNES PRATIQUES DE PRODUCTION D'ARACHIDES DE QUALITE



A. MAYEUX - CIRAD-CA - Equipe Arachide

L'arachide, avec 31 millions de tonnes produites en 2000, représente environ 12% de la production mondiale de graines oléagineuses alimentaires et moins de 5% des échanges internationaux de produits oléagineux, dont une part croissante sous forme d'arachide de bouche (ARB). L'essentiel de la production (90%) est assuré en milieu paysannal dans les pays du sud, largement auto-consommateurs, qui aspirent à se faire une place sur le marché particulièrement rémunérateur de l'ARB, dominé par les USA. L'Union européenne est le principal client. Les cours sont très régulièrement supérieurs, de 30% au moins, à ceux du soja et du tournesol qui dominent le marché ; en juillet 2001, les prix moyens de l'huile et du tourteau étaient respectivement de 325 et 210 USD pour le soja et de 775 et 180 USD pour l'arachide. Le prix des graines triées-calibrées d'une catégorie équivalente à celle que produit le Sénégal atteint 800 USD la tonne.

La part de l'Afrique représente un cinquième de la production mondiale sur un tiers des superficies (respectivement 12% et 17% pour l'Afrique de l'ouest), ce qui traduit une productivité faible imputable en partie à la qualité des semences utilisées.

Avertissement

Ce manuel s'adresse aux encadreurs et techniciens d'une opération de production d'arachides de qualité conduite par l'Agence Nationale de Conseil Agricole et Rural (ANCAR) et ses partenaires ; action préliminaire au projet pilote d'amélioration de la filière de production et de valorisation de l'arachide de bouche au Sénégal.

Cette opération est conduite en conditions pluviales dans la région de Nioro (sud du bassin arachidier) et vise à évaluer la faisabilité d'une production d'arachide de qualité par les communautés rurales, pour des semences certifiées et pour les marchés de l'arachide de bouche et de confiserie.

Objectif de la formation

La culture de l'arachide demeure une priorité dans l'agriculture sénégalaise par rapport au grand nombre d'acteurs concernés et de l'impact que cette culture peut avoir sur la réduction de la pauvreté. Par des choix stratégiques, l'Etat du Sénégal vise à réformer la filière arachide afin de la rendre plus performante par rapport à la diversité des marchés tout en gérant durablement les ressources naturelles et l'environnement.

Beaucoup d'agriculteurs ont un accès très limité aux nouvelles variétés développées par les organismes de recherche publics ou privés. Certaines dispositions doivent être prises pour faciliter cet accès notamment par l'émergence de petites entreprises semencières (PES) privées et le développement d'un marché compétitif. Dans cette perspective, l'Agence Nationale de Conseil Agricole et Rural (ANCAR) et ses partenaires souhaitent développer une filière arachide compétitive s'appuyant sur un modèle semencier de proximité, géré par les organisations de producteurs (OP). Ce modèle sera développé au travers d'un projet pilote par lequel les partenaires de la recherche et du développement souhaitent tester des principes de base de « bonnes pratiques semencières » visant à la promouvoir l'utilisation de semences améliorées par les agriculteurs et au-delà le développement du métier de semencier. L'encadrement des agriculteurs volontaires de ce projet pilote devra être de qualité afin d'assurer le meilleur transfert des connaissances, c'est l'objectif principal de cette formation.

LA CONTRAINTE SEMENCIERE

Quelques données agronomiques de base : La graine d'arachide est volumineuse et fragile, donc difficile à conserver surtout en milieu paysannal. Les quantités de semences sont importantes et le taux de multiplication est faible (inférieur à 10 dans la sous-région Afrique de l'ouest et du centre) : il en faut entre 100 et 150 kg (en coques) pour ensemercer un hectare, contre en moyenne 4 kg pour le mil et 20 kg pour le maïs. Même si l'autogamie de l'arachide permet en principe à l'agriculteur de produire sa propre semence, puisque la graine se reproduit identique à elle-même, il est recommandé de renouveler la semence tous les trois ans afin d'éviter la dégradation de la qualité germinative des graines ainsi que les mélanges de variétés. La recherche agronomique au Sénégal estime à 35% la plus-value de rendement obtenue avec des semences sélectionnées. L'approvisionnement en semences de qualité appropriée en quantités requises constitue donc un préalable nécessaire à toute action d'amélioration de la culture en milieu paysannal africain, où les conditions de production sont aléatoires et le rendement particulièrement faible (800 kg à l'hectare en moyenne africaine contre 1900 kg en Chine et 3000 aux USA).

La semence sélectionnée produite en très faibles quantités par les services de recherche et de vulgarisation ne fait pas l'objet d'un suivi adéquat. Le faible revenu de la culture, ainsi que les habitudes prises dans un contexte précédent d'étatisation de la filière, n'incitent pas les opérateurs compétents à investir dans ce secteur.

Dans la plupart des pays, la diffusion de nouvelles variétés et la sécurisation du capital semencier ne sont pas assurés faute d'une stratégie cohérente et d'un dispositif approprié associant les divers intervenants de la filière semencière, dont au premier chef les agriculteurs eux-mêmes.

Les opérations semencières qui ont obtenu de bons résultats en Afrique sont ou étaient basées sur un système généalogique à plusieurs stades ou niveaux (générations) imposé par le faible coefficient de multiplication de l'arachide et par les faibles quantités de semences de base disponibles au départ. Les agriculteurs sont les principaux acteurs de la multiplication, puisqu'ils en assurent l'essentiel (90%) représenté par la dernière génération, pour leur propre compte ou en relation contractuelle avec des opérateurs spécialisés, commerciaux ou organisations paysannes.

LA SEMENCE D'ARACHIDE

Dans le langage courant, il est fréquent d'employer des termes tels que « élite », « sélectionnée », « contrôlée ». Il est souhaitable d'utiliser la terminologie internationale (indispensable dans le cas d'exportation) définie par l'ISTA (International Seed Testing Association) qui utilise le terme de *semence certifiée*

Lorsque l'on parle de semence certifiée cela suppose que le lot de graines est d'une pureté satisfaisante à la législation semencière en vigueur et que les graines semées sont à même de reproduire à l'identique les critères qui représentent l'identité génétique de la variété utilisée.

Ces semences certifiées d'une variété donnée, sont issues d'un « noyau génétique » produit par la recherche qui est multiplié pour produire des semences de « pré-base » et « de base » qui sont maintenues et conservées rigoureusement.

NORMES DE PRODUCTION

Pour certaines espèces comme l'arachide, il est possible que la catégorie semence certifiée soit subdivisée en plusieurs générations mais la dernière génération n'est pas susceptible de produire des semences. Elle est uniquement utilisée pour la production.

Dans le cas précis du Sénégal et en raison du faible coefficient de multiplication de l'arachide, les différents niveaux ne sont pas produits jusqu'à maintenant dans des conditions et critères de qualité identiques pour ne pas alourdir le schéma et faciliter la production par un grand nombre de producteurs.

Cependant l'agriculteur n'adhérera à ce type de démarche que si ses besoins quantitatifs sont assurés et si la semence améliorée lui assure une meilleure production, des indices de récolte plus élevés, une réduction des risques liés à la pression des agents pathogènes et des revenus supérieurs. Ce schéma ne peut fonctionner, dans les conditions de la production paysannale africaine, que si les producteurs sont étroitement associés aux choix des variétés (recherche participative) à la multiplication, au conditionnement et à la gestion de stocks de sécurité (in situ).

SYSTEMES DE PRODUCTION

Il est nécessaire d'adapter cette production à deux niveaux, celui de la production amont faisant appel à des structures spécialisées de production, de conditionnement, de stockage et de commercialisation d'une part, et celui d'une production de semences de ferme destinée à couvrir les besoins directs de l'exploitation ou de la collectivité villageoise d'autre part. Pour cela, la mise en place d'une filière semencière arachide nécessite une organisation particulière qui s'appuie sur une réglementation et un suivi efficace. Pour rétablir une certaine confiance les consommateurs et les acteurs de la filière doivent être informés : d'où viennent les semences, comment ont-elles été produites, quelles sont leurs caractéristiques (germination, traitements,...). En dehors de la réglementation semencière pouvant être appliquée, des outils peuvent être utilisés tel que l'étiquetage qui est un élément essentiel de la **traçabilité**.

LES BONNES PRATIQUES SEMENCIERES

Ces bonnes pratiques semencières (BPS) ont pour objectif d'atteindre un niveau de qualité en toute transparence vis-à-vis du consommateur. Elles doivent pouvoir décrire toutes les étapes d'élaboration du produit fini, enregistrer les différentes interventions, garantir la traçabilité sur les produits et finalement répondre à la demande.

LE CHOIX DES PARCELLES

Les conditions environnementales sont fondamentales pour une production de qualité.

Risques identifiés et impacts	Mesures préventives
<p>Type de sol</p> <p>Sols lourds ou compacts : Difficulté de levée : baisse de la densité Barrière mécanique à la pénétration des gynophores : baisse des rendements Difficulté à la récolte : augmentation des restes en terre et baisse de rendement</p>	<p>Pas de semis en sol lourds ou dégradés</p>
<p>Problèmes phytosanitaires</p> <p>Augmentation des risques liés aux pathogènes du sol de par l'absence de rotation Augmentation du risque aflatoxine par les restes en terre et les pieds morts</p>	<p>Respecter une rotation</p> <p>Eliminer les restes en terre et les pieds morts</p>
<p>Pollution</p> <p>L'arachide étant une plante autogame, l'isolement du champ n'est pas obligatoire.</p>	<p>Eviter cependant de cultiver dans des champs d'arachide contigus, ce qui pourrait entraîner des mélanges de graines au semis et de pieds au moment de la récolte.</p>

LE MATERIEL VEGETAL ET LA PURETE VARIETALE

Le champ ne doit pas contenir un nombre de pieds étrangers (pollution) supérieur à 1 pour 1000 pour les semences de base et 1 pour 200 pour les semences certifiées.

Risques identifiés et impacts	Mesures préventives
<p>Qualité des semences</p> <p>Utilisation de semences à faible valeur culturale⁷ Mauvaise levée (faible densité) Utilisation de semences avec mauvaise pureté variétale : Etalement de la maturation dû à l'hétérogénéité variétale (baisse du rendement en gousses mures, augmentation du risque aflatoxines et du taux de mauvaises graines) Utilisation de variétés inadaptées aux contraintes de production Grade, forme ou couleur ne répondant pas à la demande des consommateurs (difficulté de</p>	<p>Utilisation de semences certifiées par services compétents (DISEM)</p> <p>Utilisation de variétés adaptées aux contraintes et aux marchés</p>

⁷ Quantité de semences pour ensemencer 1 ha fonction de la densité espérée, du poids de 100 graines, du rendement au décorticage, du rendement en semence et de la faculté germinative.

commercialisation) Utilisation de semences mal stockées Dégradation des semences due aux attaques de ravageurs ou moisissures (mauvaise levée, baisse de rendement)	Utilisation de semences bien conservées, stockées au sec, bien conditionnées et protégées.
---	--

LE SEMIS

Risques identifiés et impacts	Mesures préventives
Date inadaptée Variétés précoces : Risques de regermination à maturité (perte de rendement) Sol mal préparé faible densité et baisse des rendements Pluviométrie insuffisante Mauvaise levée	Semis à la date recommandée - 2 ^{ème} décade de juillet Semer sur un sol propre, un nettoyage suivi d'un scarifiage superficiel peut suffir Semer sur sol suffisamment humide (après une pluie de 20 mm au moins)
Densité inadaptée Semis superficiel : mauvaise levée Disque de semoir inadapté à la variété mauvaise densité, endommagement des graines (perte de semence, baisse de rendements) Semis avec espacements irréguliers : Difficulté entretien mécanique Difficulté de récolte (soulevage mécanique) Coût de production plus élevé	Semer à la bonne profondeur : 4-5 cm Vérification du semoir Utiliser disques appropriés Semer à la bonne densité : variétés hâtives 130-150 000 pieds/ha. Variétés tardives 110-120 000 pieds/ha. Semer à espacements réguliers pour faciliter passage outils (meilleur entretien)
Problèmes phytosanitaires Absence de traitement fongicide/insecticide des semences avant semis Forte mortalité à la levée	Poudrage des semences immédiatement après décortilage (Granox® ou Spinox® à la dose de 200g/100kg de graines)

LA FERTILISATION ET AMENDEMENT CALCIQUE

La fertilisation en milieu traditionnel est soumise à des aléas climatiques et économiques contraignants qui en limitent l'utilisation. L'utilisation des engrais à faible dose est cependant un moyen de maintenir à long terme le niveau de fertilité et de production. L'action des engrais phosphatés est très marquée avec des teneurs du sol en P₂O₅ souvent inférieures à 150ppm. Le phosphatage de fond est surtout intéressant dans les zones où la pluviométrie est supérieure à 600 mm/an. L'arachide répond efficacement à un apport de soufre. Le soufre contenu dans le superphosphate simple, le sulfate d'ammoniaque ou le phosphogypse peut suffire sinon apporter 10 kg/ha de soufre.

L'azote est souvent apporté en combinaison avec le soufre sous forme de sulfate d'ammoniaque. La fumure azotée doit être apportée précocement pour jouer un rôle de stater.

La potasse n'est nécessaire qu'en cas de carence (cas de la zone de Patar par exemple).

Au Sénégal l'emploi d'engrais combinés sous forme ternaire est le plus courant comme le 6-20-10.

Le calcium permet d'améliorer l'acidité des sols et améliore la qualité technologique du produit notamment la valeur semencière.

Risques identifiés et impacts	Mesures préventives
<p>Apports inappropriés</p> <p>Mauvaise fertilisation minérale : pas de réponse de la culture : carence en N,P,K,S avec baisse du rendement et de la fertilité des sols perte financière : pas de retour au niveau de la culture carence en Ca : baisse du rendement, de la qualité semencière. Augmentation de la susceptibilité des graines aux attaques des pathogènes du sol (dont <i>A. flavus</i>)</p>	<p>Respecter la fumure préconisée</p> <p>Apporter la fumure au moment opportun : Au semis pour la fumure N,P,K (ex. 6- 20-10) à la dose recommandée par la recherche En début de fructification (40-50 jas) pour le calcium à raison de 400 kg de phosphogype en side-dressing pour une production de semences. Ajuster les équipements (épandeurs) ou bien évaluer dose à apporter par ligne.</p>
<p>Qualité des engrais et amendements</p> <p>Utilisation d'engrais ou amendements de mauvaise qualité ou mal formulés : Pas de réponse Contamination des arachide par des résidus</p>	<p>Utiliser des engrais et des amendements de qualité, commercialisés par des firmes reconnues</p>
<p>Environnement</p> <p>Rejet des emballages dans la nature Pollution environnementale</p>	<p>Récupérer les emballages</p>

LUTTE CONTRE LES ADVENTICES, LES MALADIES ET RAVAGEURS

La maîtrise rapide des adventices est fondamentale pour une bonne installation de la culture. Les jeunes plantes sont sensibles à la sécheresse et une concurrence des mauvaises herbes vis-à-vis de la la ressource en eau peut leur être fatale. Le binage pour la destruction des mauvaises herbes est également bénéfique à la pénétration des gynophores (sol ameubli). Le traitement chimique est possible mais nécessite des moyens appropriés.

Risques identifiés et impacts	Mesures préventives
<p>Traitements inefficaces</p> <p>Désherbage tardif : Mauvaise installation de la culture Compétitivité vis-à-vis de l'eau disponible Mauvaise floraison (perte de rendements) Difficultés à la récolte Utilisation de molécules non adaptées ou à des doses non recommandées Application des produits par grand vent ou forte chaleur</p>	<p>Semer sur un sol propre</p> <p>Désherber en temps opportun : minimum de 3 binages dont le premier juste après la levée complète Respecter les doses et consignes du fabricant</p>
<p>Contamination</p> <p>Utilisation de produits non autorisés ou à des doses</p>	

non conformes	Respecter la réglementation en vigueur (DPV)
Sécurité - environnement Non respect des règles de sécurité lors de la manipulation ou non respect des dates d'application Contamination de fanes et gousses (non commercialisables)	Suivre les recommandations du fabricant et la réglementation nationale

L'ÉPURATION VARIÉTALE ET LA RECOLTE

Risques identifiés et impacts	Mesures préventives
Épuration des champs Présence de pieds étrangers : Pureté variétale non conforme (production non commercialisable) Hétérogénéité de la maturité (baisse de la qualité) Risque de contamination (<i>A. flavus</i> dans gousses immatures)	Passages fréquents dans le champ pour éliminer pieds étrangers ou hors-type (ne pas laisser les pieds arrachés dans le champ)
Date de récolte Récolte à la mauvaise date : Perte de qualité Risque d'attaques d'insectes Risques de regermination (variétés hâtives)	Tests de maturité par prélèvements réguliers de pieds et analyse (présence d'au au moins 70 % de gousses mûres). Récolter les variétés hâtives quand 2% des pieds présentent une regermination
mode de récolte Outil mal adapté : Blessure des gousses Restes en terre (perte de rendements)	Utiliser un outil (souleveuse) en état et bien réglé et une force de traction suffisante pour bien sectionner les pieds sous la zone de fructification
Contamination Récolte des pieds morts et restes en terre Très forte augmentation du risque aflatoxine (augmentation du % de graines moisies)	Ne pas mélanger ces gousses avec la récolte

L'ÉGOUSSAGE, LE SÉCHAGE, LE VANNAGE

L'égoussage consiste à séparer les gousses du pied. Cette opération doit protéger l'intégrité de la coque et de la graine surtout lorsque l'arachide est amenée à être conservée en gousses ou que les graines sont utilisées comme semences. L'égoussage manuel est généralement le plus courant. Il peut se faire directement après la récolte, on parle d'égoussage en vert ou après séchage des pieds on parle de battage (utilisation d'un bâton pour taper sur le tas d'arachide et séparer les gousses des pieds). Dans les zones de savane sèche, après arrachage, les pieds d'arachide sont d'abord regroupés en petits tas (meulons) pendant quelques jours pour un ressuyage rapide puis regroupés en meules pour terminer leur séchage avant le battage. Cette technique laisse du temps au producteur et ne représente donc pas une opération contraignante. Par contre l'arachide laissée au champ est exposée aux attaques d'insectes (punaises, bruches) et autres prédateurs qui peuvent considérablement altérer la qualité de l'arachide

notamment destinée à la semence. Il existe aussi un risque climatique (pluies de fin de cycle) qui peut entraîner de la regermination pour les variétés non dormantes et altérer la qualité semencière.

Dans le cadre de cette opération sera évaluée la technique de l'égoussage en vert, suivie d'un séchage naturel des gousses avec mesure de l'impact sur la qualité. A la récolte, le taux d'humidité des gousses est d'environ 40%, le séchage est considéré comme terminé quand la teneur en eau des gousses est inférieure à 8%.

Le vannage consiste à séparer les gousses des fanes et tiges après séchage et battage manuel et à éliminer les gousses immatures, cassées et autres débris non conformes à la qualité du produit recherché.

Risques identifiés et impacts	Mesures préventives
Egoussage Gousses avec leurs gynophores : Allongement de la période de séchage Obligation de reprendre l'égoussage (perte de temps et d'argent)	Prendre soin de bien séparer les gousses et ne conserver que les gousses intactes et bien remplies
Mauvais séchage Occurrence des pluies tardives Regermination, moisissures : baisse de la qualité et du rendement Meules compactes Allongement du temps de séchage dans des conditions de température et d'humidité élevées (dégradation de la qualité physique et sanitaire – baisse de rendements)	Egoussage en vert puis séchage en couches minces sur bâche Moyettes avec cheminée centrale pour l'aération avec protection au sommet et gousses orientées vers le centre. Si possible envisager séchage sur support type « perroquet »
Mauvais battage et vannage Trop longue attente au champ : Augmentation des attaques de ravageurs et du risque aflatoxines (dégradation de la qualité physique et sanitaire) Mélange de gousses immatures et débris de paille Augmentation du risque aflatoxines Refus possible des lots à la commercialisation	Battre les arachides dès que l'humidité des gousses et des fanes le permet Commercialiser immédiatement les gousses après vannage et tri. Trier correctement les gousses pour atteindre les standards fixés par la commercialisation

LA COMMERCIALISATION

Dans le cadre de cette opération, la production triée est destinée à être commercialisée auprès de l'unité pilote. Dans la perspective d'une reconnaissance de la qualité, une rémunération à la qualité sera testée. Cette qualité sera établie sur la base de critères mesurables tels que la pureté variétale, le rendement au décorticage, le pourcentage de gousses et graines détériorées (Annexe 2), le poids spécifique. Ces critères seront mesurés à partir d'un échantillon moyen prélevé au moment de la livraison et mentionnés sur le bordereau de livraison.

Risques identifiés et impacts	Mesures préventives
Mauvais triage	

Pourcentage important de gousses non conformes Déclassement du lot en catégorie inférieure Rejet du lot comme semences Mauvaise valorisation du travail au champ	Respect de l'itinéraire post-récolte (séchage, tri et stockage avant livraison)
Livraison tardive Contamination des arachides à la ferme Dépréciation du lot (déclassement, perte d'argent)	Conserver soigneusement les gousses (sacs propres, local nettoyé et protégé et livrer dès que possible)

LE CONDITIONNEMENT, ETIQUETAGE STOCKAGE (UNITE PILOTE)

Les arachides arrivant au point de collecte et de commercialisation seront échantillonnées (cf. § précédent) puis passées au crible et ensachées avec un étiquetage portant le nom du producteur et un n° de lot servant de référence. Ce n° suivra le lot jusqu'à son traitement final : décorticage, calibrage, ensachage, traitement phytosanitaire et stockage. Les interventions et les résultats d'analyses qui suivront (pureté variétale, valeur germinative) figureront sur une étiquette finale qui reprendra le n° du lot, le nom du producteur, le site et l'année de production ainsi que les cachets de contrôle et de certification des services compétents. Les sacs devront être placés dans un local propre, protégé pouvant garder l'intégrité des semences jusqu'à leur commercialisation.

Risques identifiés et impacts	Mesures préventives
Mauvaise identification Mélange entre les lots Déclassement de la production	Prise en charge du producteur dès son arrivée S'assurer du bon nettoyage des outils d'échantillonnage entre chaque prélèvement
Perte de l'identification Perte de traçabilité Déclassement du lot	S'assurer de la lisibilité, de la solidité des étiquettes et de la pertinence des informations
Mauvais stockage Attaques d'insectes et autres déprédateurs Déclassement des lots, perte de marchandise et de revenu Diminution de la valeur semencière : perte de marchandise, produit non commercialisable, perte de crédibilité.	S'assurer du nettoyage préalable du magasin. Vérifier qu'il n'est pas utilisé pour le stockage d'autres produits susceptibles de contaminer les semences.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Delbosc G. Les semences certifiées (1983). Revue Oléagineux vol. 38 n°2.

Mayeux A., Da Sylva A., Schilling R. (1997). La production de semences d'arachide en Afrique de l'Ouest. *Revue Agriculture et développement* n°14.

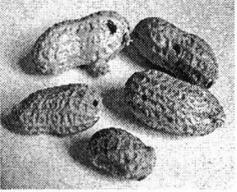
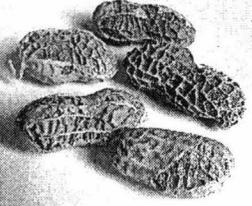
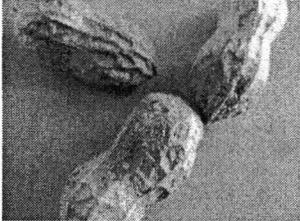
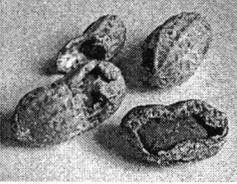
Mayeux, A. (2002) L'approvisionnement des petits producteurs africains en semences d'arachide. Doc. Interne Cirad.

Projet GGP (2001). Dossier technique sur les normes de production, de stockage et de distribution des semences d'arachide en milieu paysannal.

Sagarra, L. (2003) Rapport d'activités campagne 2002.

Schilling R., Ndoye D., Mayeux A. (2001). Les semences d'arachide en milieu paysannal africain. *Revue OCL* vol. 8 n°5 sept/oct. 2001

Annexe 2 : défauts sur gosses

<u>Critère</u>	<u>Définition</u>	<u>Illustration</u>	<u>Critère</u>	<u>Définition</u>	<u>Illustration</u>
Moisie	Gousse couverte en partie ou totalement de moisissure ou en présentant des traces		Bout noir	Avortement d'une partie de la gousse avec formation d'une pointe noire	
Attaquée	Gousse percée suite à des attaques d'insectes (iules, termites)		Immature	Gousse récoltée avant maturité complète présentant une coque ridée	
Scarifiée	Gousse dont la coque a été dégradée sur + de 25% de la surface (termites)		Tachée	Coloration anormale de la gousse sur plus de 25%	
Cassée	Gousse dont la coque endommagée laisse apparaître la graine		Intacte	Gousse ne présentant aucun des critères répertoriés	