

CN0101595
H290
HAS

République du Sénégal
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR • MINISTRE DE L'AGRICULTURE



Ecole Nationale des Cadres Ruraux
de Bambey

Institut sénégalais de
Recherches Agricoles

Département **Productions Végétales**

Service **Aflatoxine**

Mémoire de Fin d'Etudes
pour l'obtention du Diplôme d'Ingénieur des Travaux Agricoles

**THEME : TESTS D'EFFICACITE DE
FORMULATIONS ET DOSES DE FONGICIDES
INSECTICIDES POUR LA PROTECTION DES
SEMENCES D'ARACHIDE**

Présenté et soutenu par

GALAL HASSAN

Dr Amadou BA
Coordonnateur du Réseau
Arachide de la CORAF-ISRA/CNRA – Bambey

Saliou DIOUF
Chef du DAP
ENCR / BAMBEY

JANVIER 2001

DEDICACES

À toi mon père, Hassan Assoweh Wallyeh, je n'oublierai jamais le conseil que tu m'as donné pour que je puisse continuer mes études ;

À mes très chers parents, tantes et oncles ;

À toutes mes frères, sœurs et autres membres de ma famille, pour m'avoir toujours soutenu ;

À ma mère Médina Guirreh, pour sa patience tout au long de mes études à l'étranger.

REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, je remercie Dieu le Tout Puissant, de m'avoir donné force et santé pour l'accomplir. Il a été réalisé au laboratoire d'aflatoxines du Centre National de la Recherche Agronomique (CNRA) - Bambey (Sénégal).

Que Dr Amadou BA, chercheur/animateur du Programme Arachide de bouche et Coordonnateur du Réseau Arachide du Conseil Ouest et Centre africain pour la Recherche et le Développement Agricoles (CORAF/WECARD) trouve ici, l'expression de ma profonde gratitude pour son encadrement rapproché, ses conseils et encouragements qui m'ont permis de réaliser ce travail.

Je remercie :

- Monsieur Sidi Haïrou CAMARA, Directeur de l'ENCR, pour ses conseils qui m'ont été précieux. A travers lui, mes remerciements s'adressent à l'ensemble du corps professoral et au personnel administratif et technique.
- Monsieur Mamadou KHOUMA, Chef du CNRA, de m'avoir accueilli au sein de cette structure.
- Monsieur Saliou DIOUF, Chef du DAP de l'ENCR, pour ses conseils utiles.

Je suis heureux de remercier tout particulièrement :

- Messieurs Ngor DIAGNE, Ousseynou CISS et leurs familles qui n'ont cessé de m'aider à réaliser ce travail ainsi que Monsieur Ciré Elimane SALL, biométricien, pour l'assistance qu'il m'a apportée dans l'analyse statistique des résultats.

Que Roda Fozia et Habiba, mes sœurs et amies qui m'ont toujours soutenu par leur gentillesse et leur compréhension, trouvent ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

J'exprime également ma reconnaissance à ma femme, Cécile DIOP et à toute sa famille pour la disponibilité dont ils ont su faire preuve à mon égard.

A mes promotionnaires ainsi qu'à tous les élèves ingénieurs de l'ENCR, pour les années passées, ensemble, Sincères amitiés

Enfin, je ne saurais oublier tous mes amis ainsi que l'ensemble du personnel du CNRA pour la sympathie qu'ils m'ont témoignée. Qu'ils en soient tous remerciés

RESUME.

La présente étude est menée en vue d'orienter le choix des producteurs sur diverses formulations de fongicides insecticides utilisées en protection des semences d'arachide. Elle comprend des expérimentations sur l'efficacité de ces formulations en laboratoire, sur une culture pure d'*A. niger* et en plein champ. Cette étude a montré que parmi ces formulations, le GRANOX CBC (Chlorothalonyl **10%** - Benomyl 10% - Carbofuran 10%) assure une protection plus efficace des semences contre *A. niger* du moins pendant les premiers jours qui suivent le traitement et assure une meilleure croissance des plantes. Cependant, cette efficacité s'estompe au bout de 6 jours. Les deux autres formulations : GRANOX CBC (Captafol 7% - Benomyl 7% - Carbofuran 10%) et SPTNOX (Thirame 15% - Benomyl 7% - Carbofuran 10%) ont une faible efficacité les premiers jours de leur application ; mais leur efficacité s'exprime bien à partir du 6^e jour d'application. En outre, les doses (d'application recommandées par les firmes donnent les meilleurs rendements en gousses. Le rendement en fanes croît au fur et à mesure de l'augmentation des doses de formulations. Les formulations n'ont pas d'effet direct sur les poids de 100 gousses et 100 graines ni sur le nombre de gousses par pied. Les niveaux de maladies foliaires observés semblent être sans incidence significative sur le rendement.

Ces travaux ont permis de mettre au point une méthodologie d'étude de l'efficacité des formulations au laboratoire et au champ ; ils ouvrent de nouvelles perspectives de recherche en vue d'une meilleure compréhension de la problématique de la protection des semences d'arachide.

SOMMAIRE.

	Page
TNTRODUCTION	5
I. DESCRIPTION DE LA PLANTE	7
1. Généralités	
2. Morphologie	
3. Mode de reproduction	10
II. PLACE DE L'ARACHIDE DANS L'ECONOMIE SENEGALAISE	
1. Importance de la culture	
2. Contraintes à la production	13
3. Les points sensibles de la filière	14
III. LES PRINCIPAUX RAVAGEURS DE L'ARACHIDE	16
1. Aspergillus niger TIEGH	
2. Morphologie et biologie	17
3. Symptômes d'attaque	19
4. Principes de lutte	
5. :Méthodes de lutte	20
IV. PARTIE EXPERIMENTALE	22
1. Justification de l'étude	
2. Objectifs	
3. Matériels et méthodes	
3.1 Matériel	
3.1.1 Matériel biologique	
3.1.2 Matériel végétal	
3.1.3 Formulations fongicides insecticides	
3.1.4 Matériel de laboratoire	
3.2 Méthodes	
3.2.1 Efficacité intrinsèque des formulations sur une culture d' A. niger	23
3.2.2 Efficacité intrinsèque des formulations au champ	
3.2.3 Dispositif expérimental	25
3.2.4 Observations et relevés en cours de culture	26
V. RESULTATS EXPERIMENTAUX	27
1. Conditions environnementales	
1.1 Parasitisme	
1.2 Pluviométrie	
1.3 Humidité relative	
1.4 Températures	
2. Essai au laboratoire	28
3. Essai au champ	30
3.1 Evolution de la densité de plants à diverses périodes du cycle végétatif	
3.2 Hauteur des plants à 60 jours après semis	33
3.3 Rendements en gousses	34
3.4 Rendements en fanes	35
3.5 Poids de 100 gousses, 100 graines et nombre de gousses par pied	36
3.6 Observations sur les cercosporioses précoce et tardive et la rouille	37
4. Discussions	38
CONCLUSION	40

INTRODUCTION

L'arachide (*Arachis hypogaea L.*), légumineuse originaire d'Amérique du sud est l'un des oléagineux les plus cultivés dans le monde. Sa production donne lieu à une intense activité de transformation industrielle pour la fabrication d'huile destinée à la consommation et de tourteau utilisé en tant qu'aliment de bétail. L'arachide est également une culture vivrière et, à ce titre, elle intervient pour une large part dans la couverture des besoins alimentaires des populations. Ses fanes constituent un excellent fourrage pour le bétail.

Au Sénégal, l'arachide occupe une place de choix sur l'échiquier des productions agricoles. Sa production est estimée à 600.000 tonnes durant la campagne 1999-2000. De par les devises que procure sa vente sur les marchés extérieurs, l'arachide représente une importante source de revenus et d'emplois pour les producteurs ruraux et les acteurs de la filière. Cependant, l'une des contraintes à sa production est le faible niveau des rendements. La fonte des semis est une des causes explicatives de cet état de fait, dans la mesure où elle contribue à la réduction de la densité des populations. Cette pathologie est la résultante des dégâts d'insectes, d'arthropodes et de champignons parasites présents dans le sol. Ces déprédateurs attaquent la graine d'arachide dès les premiers jours de semis entraînant ainsi une mortalité progressive des plantules. *Aspergillus niger*, agent responsable de la pourriture du collet chez l'arachide joue un rôle essentiel dans cette pathologie.

L'incidence des maladies de la levée sur le rendement revêt une importance telle que la recherche agricole sénégalaise lui a consacré de nombreux travaux. En effet de nombreuses formulations sous forme de mélanges fongicides – insecticides ont été mises en test en vue d'évaluer l'efficacité en termes de protection des semences durant cette phase critique du cycle de la plante. La formule la plus couramment utilisée à ce jour au Sénégal est le GRANOX incluant le Captafol (fongicide), le Benomyl (fongicide) et le Carbofuran (insecticide). Cependant, le Captafol est frappé d'interdiction dans certains pays (européens notamment), ce qui risque, à terme, de compromettre sa mise à marché.

C'est la raison pour laquelle les firmes phytosanitaires ont mis récemment sur le marché, trois nouvelles formulations alternatives pour la protection des semences d'arachide. Celles-ci se distinguent les unes des autres par leurs compositions chimiques tant au plan qualitatif (nature chimique des composés) que quantitatif (proportions relatives des composés dans les mélanges).

Ces formulations sont utilisées de manière indifférenciée par les producteurs. Il importe donc, à défaut de rechercher de nouvelles molécules de substitution du Captafol, de comparer l'efficacité intrinsèque de ces formulations, à diverses doses, en vue de mieux orienter le choix des producteurs.

Ce document comprend deux parties :

- la première partie, bibliographique, présente les données générales sur la plante, sa morphologie et son mode de reproduction, situe la place de l'arachide dans l'économie sénégalaise, analyse le problème posé par la présence d'*Aspergillus niger* dans le sol et ses conséquences sur la production ;
- la seconde partie, analytique, décrit les expérimentations menées en vue d'évaluer, d'une part l'efficacité intrinsèque de trois formulations fongicides – insecticides sur le développement d'*Aspergillus niger* en culture pure, au laboratoire et d'autre part, les effets protecteurs respectifs de ces formulations sur la levée et le développement végétatif au champ de la variété 55 – 437 (90 jours).

Le choix d'*Aspergillus niger* pour réaliser cette étude se justifie par le fait que son cycle de croissance est relativement simple et court, outre que sa culture pure et son identification sont faciles à réaliser au laboratoire. De plus, ce champignon parasite est très représentatif de la flore microbienne du sol responsable de la fonte des semis.

I – DESCRIPTION DE LA PLANTE

1. Généralités

Le genre *Arachis* appartient à la famille des légumineuses, à la sous-famille des Papilionacées, à la tribu des *Hédysarea* et, selon A. Chevalier, à la sous-tribu des Arachidinea (Gillier, P. et Silvestre, P., 1969). Le genre *Arachis* comporte plusieurs espèces dont la seule cultivée est *Arachis hypogaea*, décrite par Linné en 1763. De nombreux autres auteurs l'ont étudié aux points de vue botanique et morphologique.

L'Arachide cultivée est une plante annuelle herbacée à fructification souterraine originaire des régions tropicales d'Amérique du Sud. Elle a été introduite dans la plupart des pays tropicaux à partir du XVI^e siècle). La plante est dotée d'une grande plasticité ; les températures optimales pour son développement se situent entre 20 et 35°C ; mais sa croissance est inhibée en deçà de 10°C et au-delà 45°C. La température a un effet sur la durée du cycle qui peut varier de 85 jours pour les variétés hâtives, en climat tropical, à 180 jours dans les régions froides (Bockelee-Morvan A., 1988).

2. Morphologie

Sa tige primaire, toujours dressée, est le plus souvent ramifiée dès la base. Selon les variétés, les rameaux sont largement étalés sur le sol ou « érigés » jusqu'à une hauteur de 60 centimètres environ. Le port de la plante représente un des critères essentiels du système de classification de l'arachide en sous-espèces). C'est ainsi que Bunting (cité par Gillier, P et Silvestre, P., 1969) distingue deux groupes au sein de l'espèce selon que la ramification est séquentielle ou alternée (Fig. 1).

Dans le type séquentiel, les inflorescences apparaissent à plusieurs nœuds successifs des ramifications et, en général, les rameaux végétatifs ne se forment plus lorsqu' apparaissent les rameaux reproducteurs. Aussi, les arachides de ce type présentent-elles un axe central, quatre à six ramifications d'ordre $n + 1$, rarement plus et très peu de rameaux d'ordre supérieur. Ces arachides, toujours érigées, sont généralement peu ramifiées et de cycle court (80 à 100 jours), c'est le groupe des Valencia et Spanish.

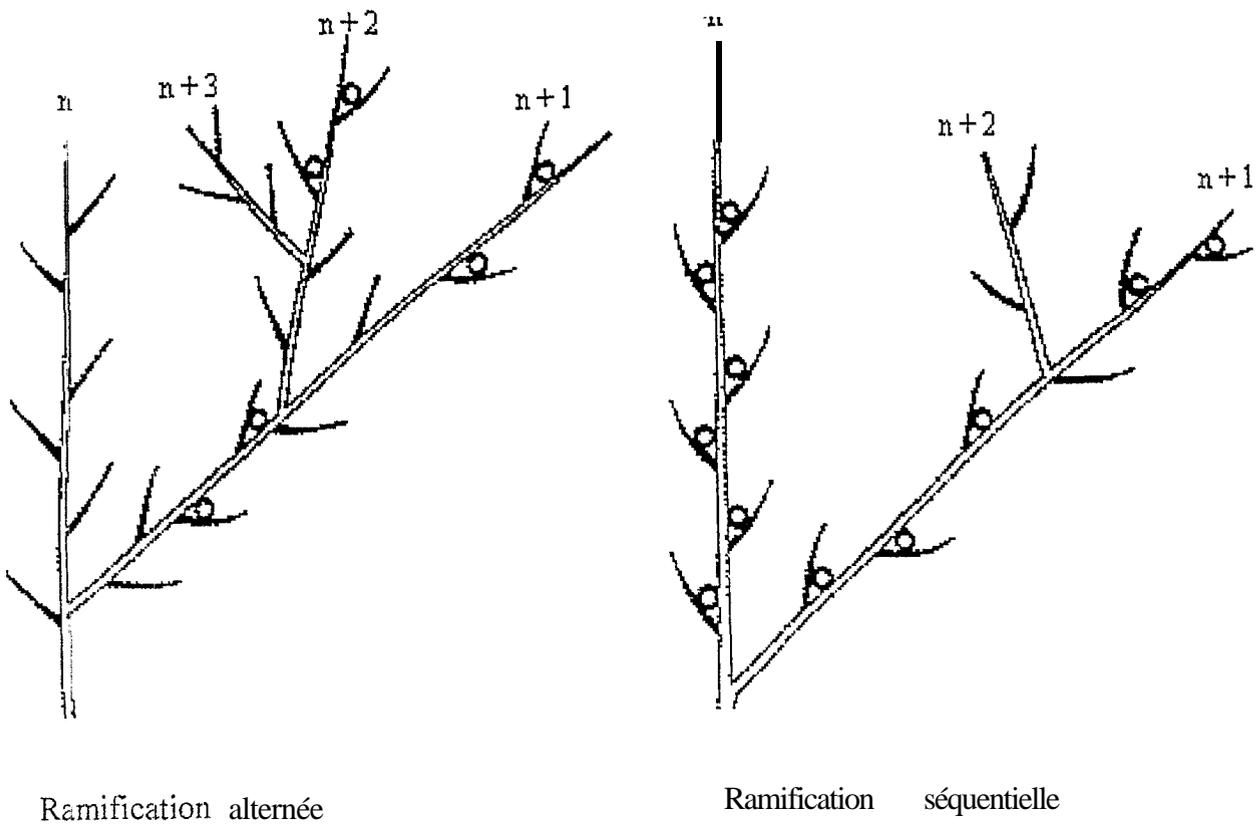


Figure 1 : Types de ramification chez l'arachide Source : Pattee N.E. and Stalker H. T., 1995

Dans le type alterné, les ramifications d'ordre $n + 1$ sont également au nombre de quatre à six, mais quelquefois en nombre plus important. Elles donnent successivement deux rameaux végétatifs et deux rameaux reproducteurs. Les rameaux suivants atteignent un ordre élevé et reproduisent tous la même alternance. Les arachides de ce type peuvent être rampantes ou érigées ; dans ce dernier cas, leur port est différent de celui de type séquentiel du fait d'une ramification plus abondante qui leur donne une allure buissonnante. C'est le groupe de Virginia, caractérisé par un cycle plus long (120 à 150 jours) (Gillier P et Silvestre. P ; 1969)

Le pivot du système racinaire peut s'enfoncer jusqu'à plus d'un mètre de la surface du sol. Il présente des formations ligneuses contrairement à la partie aérienne. Les nodules à croissance randomisée (*Bradyrhizobium*), caractéristiques des légumineuses, apparaissent à l'aisselle des racines latérales une quinzaine de jours après la levée et se rencontrent surtout dans les 15 premiers centimètres du sol. La tige prolonge le pivot au - delà du collet.

Les rameaux portent des feuilles alternées à deux paires de folioles opposées, de couleur vert foncé chez les variétés tardives et, en général, vert plus clair, chez les variétés hâtives. Les feuilles se forment à chaque nœud de la tige. Elles jouent un rôle de première importance dans la photosynthèse et s'étalent lorsqu'elles sont placées dans une obscurité prolongée. Les inflorescences, très compactes, se situent à l'aisselle des feuilles et comportent 3 à 4 fleurs entourées des bractées. Les fleurs, sessiles, sont généralement jaunes, parfois oranges. Elles se composent d'un calice à 5 sépales soudés en un tube calical portant une corolle papilionacée typique. Les 8 étamines dont 4 (courtes) ont une anthère sphérique et 4 (longues), une anthère à déhiscence longitudinale composent l'androcée. En plus de ces 8 étamines, il existe 2 filets soudés, ne possédant pas d'anthère ; le plus souvent l'un est plus grand que l'autre. Le pistil comprend un seul ovaire renfermant 2 à 5 ovules et un seul style très long terminé par une stigmatte renflée surplombant les anthères.

Du fait de l'enterrement de la base des rameaux cotylédonaire, les fleurs produites à ce niveau sont souterraines. Les fleurs qui apparaissent sur le reste de la plante sont aériennes (Cattan, P. ; 1996).

La date d'apparition des premières fleurs varie selon les variétés et les conditions agro-climatiques de culture. Dans les régions tropicales, les variétés hâtives qui appartiennent généralement aux groupes Spanish et Valencia peuvent fleurir dès le 20^e jour après le semis ; alors que les variétés tardives du groupe Virginia ne fleurissent qu'à partir du 25^e jour. Dans les régions tempérées ou

d'altitude, la période allant du semis à la floraison s'allonge pour atteindre une cinquantaine de jours. En conditions favorables, en Afrique de l'Ouest, le nombre des fleurs émises est maximal entre le 40^e et le 60^e jours après semis, puis il décroît lentement sans s'annuler (Clavel, D. et Gautreau, J., 1997).

3. Mode de reproduction

L'autogamie est le mode normal de reproduction de cette plante à fleurs cleistogames, Mais le taux d'allogamie de l'arachide n'est pas pour autant nul et peut varier entre 0,2 et 6,6 % selon les types botaniques, les variétés, les localités et les insectes pollinisateurs présents. Après fécondation, la base de l'ovaire s'allonge à travers les pièces florales pour donner naissance à ce prolongement à structure de tige, le gynophore qui s'enterre verticalement tandis que la gousse en formation prend une position horizontale entre 2 et 7 centimètres sous la surface du sol (Fig. 2).

Une plante émet entre 400 et 1000 fleurs (Spanish : 600 à 700 fleurs, Virginia jusqu'à 1000 fleurs) dont 10 à 20 % donneront des gousses qui, cependant, ne parviendront pas toutes à maturité ; seules les premières gousses formées, correspondant à la floraison « utile » vont s'enterrer et mûrir (Schilling R.1996). Les variétés qui donnent les rendements les plus élevés, sont celles qui produisent le plus de fleurs durant les premières phases de la floraison. Les gousses contiennent 1 à 5 graines selon les types botaniques. Leurs caractéristiques ainsi que celles des graines : réseau, forme, taille, couleur, constituent des critères importants de classification variétale (Ramanatha Rao V. et Murty U. R., 1994). Les graines dormantes (Virginia) ou non (Spanish, Valencia) sont recouvertes d'un tégument séminal ou cuticule, de couleur rose ou rouge foncée, rarement blanche, marbrée ou violette, prenant une teinte plus foncée en vieillissant. Elles se composent de deux cotylédons et d'un embryon dont l'axe est droit. Cet embryon est une pro-plantule avec un épicotyle à 3 bourgeons contenant les ébauches des 6 à 8 premières feuilles et une racicule robuste.

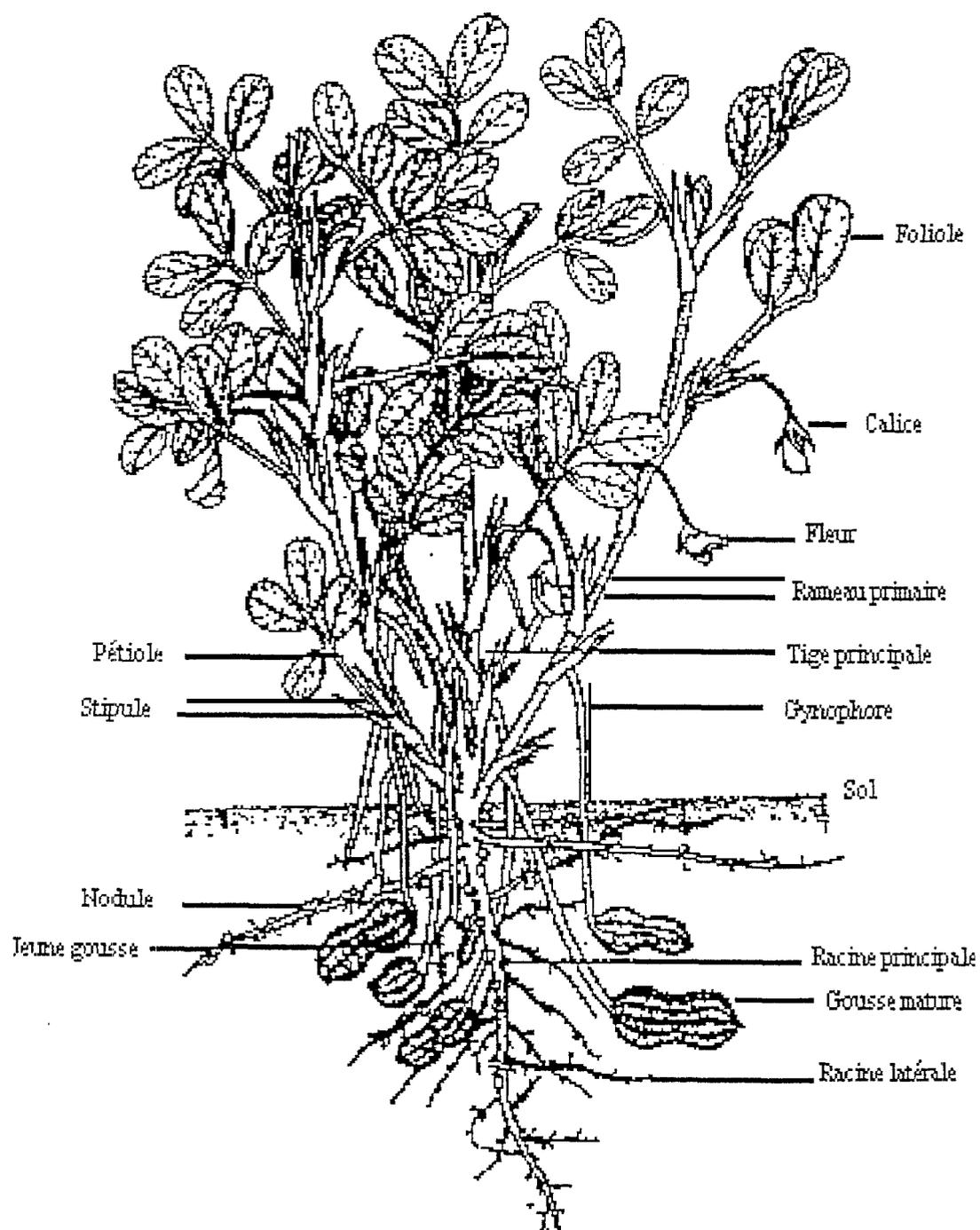


Figure 2 : Plant d'arachide : *Source : Pattee N. E. and Stalker H. T., 1995*

II – PLACE DE L'ARACHIDE DANS L'ECONOMIE SENEGALAISE

1. Importance de culture

Le succès de la culture de l'arachide tient principalement à sa capacité de fixation de l'azote atmosphérique qui lui permet d'assurer un rendement même modéré sur des sols pauvres et avec un minimum d'intervention. Sa rusticité lui permet de s'adapter à des climats relativement secs et le développement souterrain de ses fruits la rend moins vulnérable que les céréales aux attaques extérieures (Annerose D, 1990).

Du point de vue alimentaire, l'arachide est un protéagineux possédant une valeur énergétique et nutritionnelle importante qui lui permet de jouer un rôle essentiel tant dans l'alimentation des populations qu'au niveau industriel, par son débouché sur le marché agroalimentaire international (Khalifaoui. J. L, 1988). Selon Schilling, R. (1996, op. cit.), la teneur en huile de l'arachide ainsi que sa composition en acides gras sont très proches des recommandations actuelles de la FAO (Tabl. I).

Tableau I : Teneur en acides gras de l'arachide (recommandations FAO)

Acides gras	Recommandations	Huile Arachide
Acides gras saturés	21%	21% (Palmitique)
Acides gras mono-insaturés	50%	58% (Oléique)
Acides gras poly-insaturés	25%	21% (?)

Le rapport oléique / linoléique peut toutefois varier dans de plus grandes limites, en fonction de divers facteurs, notamment la variété (Gillier, P. et Sylvestre, P. ; 1969, op. cit).

L'arachide occupe 50% des superficies cultivées et tient, de ce fait, une place importante dans l'économie agricole du Sénégal. La production nationale avoisinait un million de tonnes (base coques) au lendemain de l'indépendance. Progressivement, elle a connu une croissance vertigineuse (1.400.000 tonnes en 1975) puis un déclin progressif à partir des années 80. De nos jours: elle se situe entre 500.000 et 700.000 tonnes (Freud, C. et al ; 1997). Cette baisse résulte des effets conjugués de nombreuses contraintes.

2. Contraintes à la production

L'une des contraintes majeures de la culture de l'arachide au Sénégal réside dans l'instabilité climatique qui se traduit par l'occurrence fréquente de cycles de sécheresse à partir des années 70. Ce phénomène, associé à la dégradation progressive de la fertilité des sols et aux dégâts causés par divers déprédateurs explique, dans une large mesure, la faible productivité des cultures et la mauvaise qualité sanitaire des produits. Il s'y ajoute d'autres facteurs liés, pour l'essentiel, aux fluctuations des cours mondiaux des oléagineux, à l'insuffisance du capital semencier aggravé par la qualité douteuse des réserves personnelles de semences et au désengagement de l'État des circuits d'approvisionnement en intrants (semences, engrais et matériel d'équipement).

Il est bon de rappeler, à ce propos, que l'arachide bénéficiait de la part de l'État d'un important programme de soutien matérialisé par la mise en place d'un système de crédit à l'équipement et aux intrants, c'est le Programme agricole (PA). La parfaite intégration dont avait bénéficié sa filière, depuis la fourniture d'intrants jusqu'à la valorisation et commercialisation des produits avait fait du Sénégal un des plus grands producteurs en Afrique de l'ouest après le Nigeria et le Soudan.

Mais face à l'endettement croissant du monde rural du fait de la baisse des productions consécutives aux sécheresses récurrentes, ce programme fut supprimé en 1980. En 1984-85, la Nouvelle Politique Agricole (NPA) fut mise en place consacrant ainsi le désengagement de l'État de ses missions traditionnelles d'encadrement du monde rural et le transfert au secteur privé des fonctions de gestion de la filière arachidière. Ensuite, furent mises en œuvre les Politiques d'Ajustement Structurel (PAS I et PASII) et le Programme d'Ajustement du Secteur Agricole (PASA) dont les objectifs visaient entre autres, l'accroissement de la productivité par le biais de l'intensification des cultures. Ces politiques n'ont pas atteint les résultats attendus en termes de relance de la filière. En effet, des enquêtes réalisées en 1996-97 indiquent que l'engrais n'était plus apporté directement à la culture de l'arachide depuis l'avènement de la NPA.

Parallèlement, on assiste à un développement important de la filière de transformation artisanale de l'arachide. Celle-ci conduit à l'obtention d'une huile très prisée en milieu rural et d'un tourteau utilisé aussi bien en alimentation humaine que pour le bétail. Ces produits font l'objet d'un important commerce au détail dans les marchés ruraux. Cependant les exigences de rentabilité de cette activité, largement pratiquée par les femmes, font que seuls les lots de graines de qualité moyenne à mauvaise peuvent y être destinés ; les bonnes graines étant réservées à la vente en l'état

ou utilisées comme semences. Ce phénomène qui prend de plus en plus d'ampleur en milieu rural pose un problème de santé publique dans la mesure où la matière première mise en œuvre ainsi que les produits qui en dérivent sont suspectés de contamination par *Aspergillus flavus* et de pollution par l'aflatoxine (Gaye, M., Rouzière, A. et al., 1997).

3. Les points sensibles de la filière

-L'adaptation du matériel végétal aux conditions changeantes du milieu, la production et la mise à disposition des producteurs de semences de bonne qualité et la production d'arachide indemne d'aflatoxine et présentant des caractéristiques technologiques conformes aux normes exigées à l'exportation constituent, entre autres, les points les plus sensibles de la filière arachidière.

En effet, le raccourcissement de la saison pluvieuse en zone nord et l'apparition fréquente de poches de sécheresse au centre et au sud du Sénégal, posent fondamentalement le problème de l'adaptation des variétés actuellement vulgarisées. D'importantes recherches ont été menées au Sénégal en vue de la création de variétés précoces. Elles ont abouti à l'obtention de GC-8-35 (85 jours) et Fleur 11 (90 jours). La mise en culture de ces variétés, en plus de la variété de cycle court traditionnellement cultivée (55-437 : 90 jours), a contribué à élargir la gamme de choix des producteurs et constitue même une alternative à l'utilisation de la variété 55-437, singulièrement dans les zones à pluviométrie déficitaire (Fig. 3).

:D'autres travaux de recherche visant la mise au point de variétés physiologiquement adaptées à des sécheresses sévissant en cours de cycle ont fourni des résultats prometteurs ; les premières générations issues des croisements sont en phase de tests multilocaux (Clavel, D. 1998). La recherche de variétés de plus en plus adaptées aux conditions changeantes des milieux et présentant de bonnes performances agronomiques constitue donc un préalable essentiel à l'amélioration (durable de la production arachidière au Sénégal.

En outre, il faut rappeler qu'après l'arrêt du Programme agricole en 1980, la production arachidière est réalisée, pour l'essentiel, à partir des semences issues de l'écrouissage des graines destinées à l'huilerie. L'hétérogénéité de ce matériel et sa faible valeur semencière ont vite fait de convaincre les décideurs de la nécessité de définir une politique semencière plus réaliste. De nos jours, l'on s'accorde à reconnaître que la politique semencière en matière de culture de l'arachide n'aura de chance de réussir qu'à la condition de mettre à la disposition des producteurs, des semences de

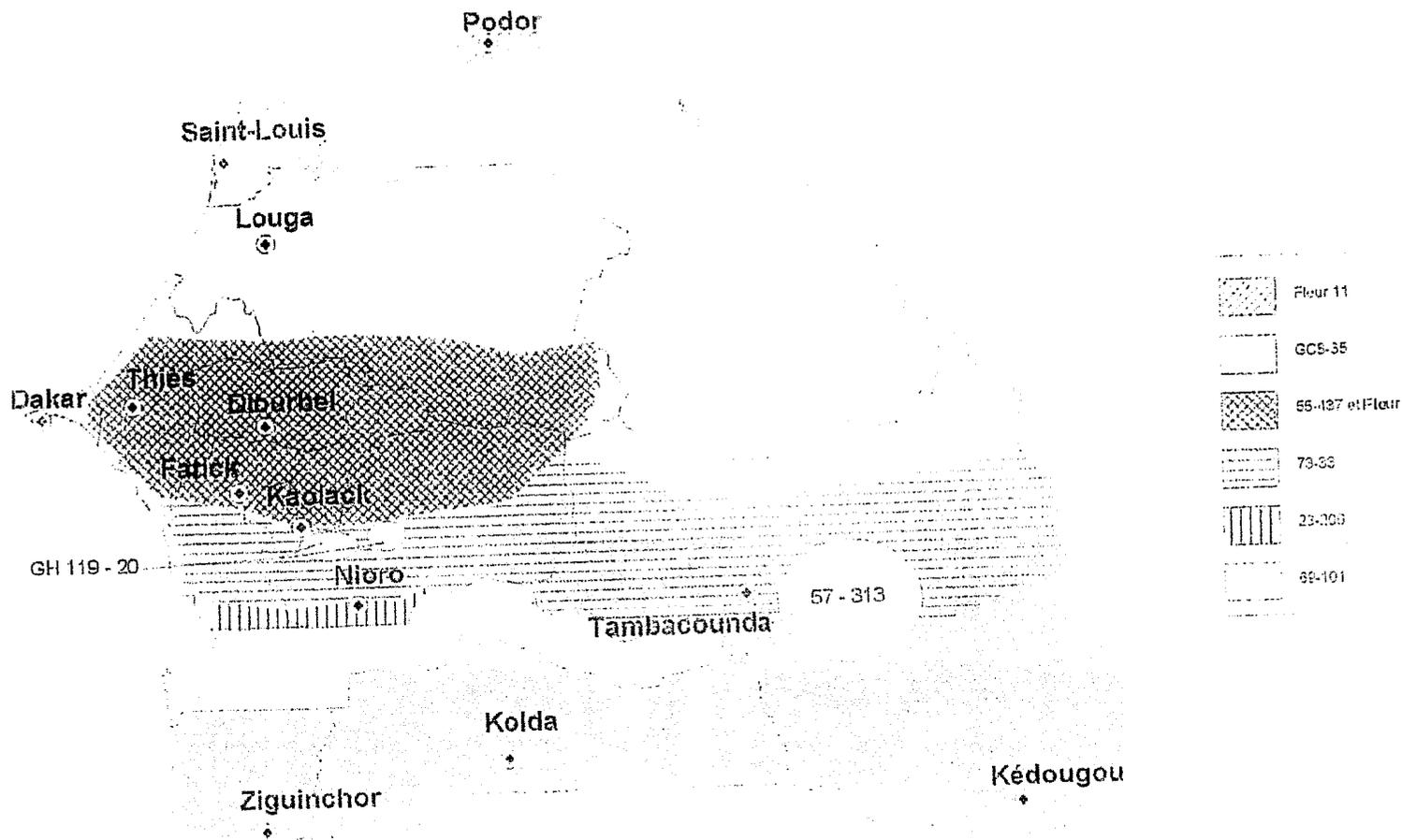


Figure 3. Carte variétale de l'arachide 1996

bonne qualité et en quantités suffisantes. La production et le renouvellement de ces semences doivent obéir à des schémas de multiplication rigoureux en vue d'une bonne expression de leurs potentiels génétiques intrinsèques.

L'arachide de bouche constitue une culture de diversification capable d'accroître considérablement les revenus des producteurs. Son prix de vente est pratiquement le double de celui de l'arachide d'huilerie sur les marchés extérieurs (européens notamment). Cependant sa promotion reste liée à une réduction significative de la teneur en aflatoxine dans les graines. Cette toxine fait l'objet d'une norme de teneur limite sans commune mesure avec les niveaux de pollution généralement observés au Sénégal. Présentement, des recherches sont entreprises en vue d'identifier des variétés tolérantes à *Aspergillus flavus* (agent générateur de cette toxine) et mettre au point des techniques de production aptes à réduire considérablement le risque de contamination des produits par l'aflatoxine au niveau du champ.

La mise en œuvre de ces mesures dans un nouveau cadre institutionnel marqué par la création du Comité National Inter-professionnel de l'Arachide (CNIA) devrait permettre de réaliser des progrès significatifs; dans l'effort de relance de la culture arachidière. Ce comité regroupe l'ensemble des acteurs de la filière arachide qui, avec le désengagement de l'Etat, ont désormais la charge de conduire la destinée de ce produit.

III -LES PRINCIPAUX RAVAGEURS DE L'ARACHIDE.

L'arachide subit les attaques de nombreux prédateurs : insectes (*Amsacta moloney*, *Microtermes parvulus*, *Thrips*, *Caryedon serratus*), nématodes (*Scutellonema cavenessi*), arthropodes (iules : *Perydontopyge rubescens*, *P. conani*) , champignons (*Sclerotium rolfsii*, *Macrophomina phaseoli*, *Aspergillus niger*, *Cercospora. sp*). Ces ennemis causent d'importants dégâts sur la plante et ses organes (feuilles, tige et gousses). (Meunier, L. , 1986 ; BA, A et al. 1987 ; Martin, M. , 1985 ; Masses, H. , 1981 ; Ba , A. , 1986).

1. *Aspergillus niger* TIEGH (*Sterigmatocystis niger* TIEGH)

Cette espèce est très répandue dans le monde entier ; elle est à l'origine de la moisissure noire sur les débris végétaux. Elle vit, le plus souvent comme agent de la moisissure des germes et des plantules (maïs, riz, sorgho), des fruits (banane, ananas, figue, vanille), de la canne à sucre, du tabac

et des graines de cotonnier. Elle est souvent présente sur les graines, germes et plantules d'arachide où elle se comporte en parasite dangereux.

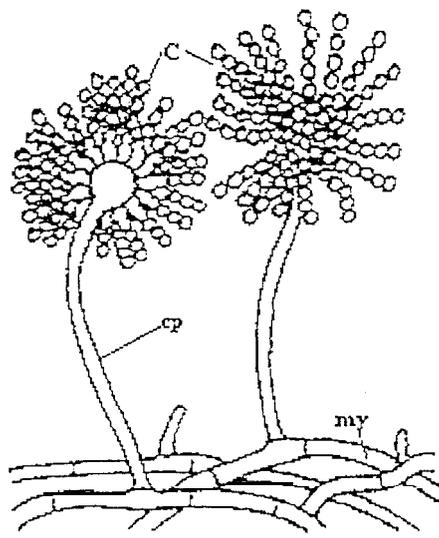
2. Morphologie et biologie.

Les moisissures du genre *Aspergillus* sont des organismes pluricellulaires dont l'appareil végétatif, le thalle, est formé d'un long filament ramifié et souvent cloisonné, appelé hyphe. En début de croissance, l'ensemble des hyphes constitue un mycélium visible à l'œil nu. Celui-ci se présente comme une sorte de feutrage à la surface des graines colonisées. Ces champignons ne sont pas dotés d'une capacité photosynthétique. La structure filamenteuse du thalle le rend particulièrement apte à coloniser les substrats solides. En raison de leur ubiquité et de leurs possibilités d'adaptation physiologique à diverses conditions écologiques, ces moisissures sont des organismes très redoutables sur les grains et graines, notamment au cours du stockage. (Fig. 4) ,

Ce champignon produit une abondante sécrétion sur l'hôte et y forme un épais revêtement noir libérant une poussière noire de conidies. Les conidiophores sont terminés par une vésicule de 20 à 100 μ de diamètre, portant des stigmates primaires se ramifiant à leur tour en deux stigmates secondaires donnant naissance à des conidies en chaîne. Le tout, apparaît comme de grosses boules noires de 300 à 1000 μ de diamètre placées au sommet des conidiophores. Les conidies sont globuleuses et ont un diamètre de 2.5 à 4 μ ; elles sont ornementées de minuscules tubercules.

Au moment de la conidiogénèse, les spores constituent, dans une certaine mesure, une forme de conservation du champignon lui permettant, en conditions adverses (sécheresse, températures sub-optimales) de survivre au mycélium qui lui a donné naissance. Lorsque les conditions environnementales deviennent extrêmes, ces champignons produisent des sclérotés, formes de survivance encore plus durables (Diener U.L et David N.D, 1986).

Un thalle peut produire une dizaine de millions de spores sur une graine. Lorsque les conditions hygrothermiques sont favorables, la spore produit un premier filament mycélien qui, en se ramifiant au fur et à mesure, donne naissance à une colonie présentant un amas mycélien de forme circulaire à partir duquel se différencient progressivement les conidiophores et les conidies de la nouvelle génération. En conditions optimales, ce cycle s'accomplit en 48 heures ; mais en règle générale, il s'étale sur 5 à 10 jours (Richard M .D ., 1982) (Fig.5).



Légende :

- C : conidies
- Cp : Conidiophore
- My : Mycélium

ASPERGILLUS

Figure 4 : Morphologie d'un Aspergillus

Source : Richard M. D., 1982.

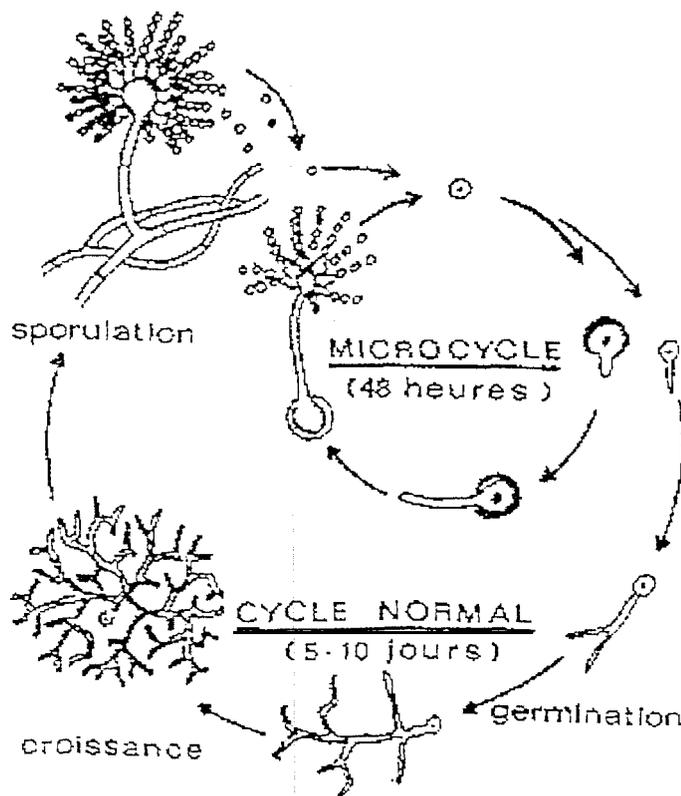


Figure 5 : Cycle de développement de *Aspergillus spp.*

Source : Richard M. D., 1982

3. Symptômes d'attaque sur l'arachide

Ce parasite provoque une « fonte des semis » par une pourriture noire et sèche du collet et, ensuite, un flétrissement des plants jeunes ou adultes par destruction du collet. Il est souvent accompagné de *Penicillium sp.*, *Rhizopus sp.* et *Mucor sp.*

Les graines d'arachide sont régulièrement contaminées par le parasite soit pendant la conservation, soit dans le sol, au moment du semis. Des essais en laboratoire ont montré que les semences, au moment du semis, sont contaminées à 80 - 100% par *Aspergillus niger*, ce qui fait que le pourcentage de germination peut être réduit jusqu'à 50%. Les conidies du champignon sont réparties sur la surface extérieure des graines ; ensuite, elles germent puis pénètrent dans le germe et les cotylédons. Lorsque les téguments sont seuls envahis, la gémule a le temps de sortir de terre avant d'être détruite à son tour.

La graine peut être contaminée quelque temps après sa mise en terre. En règle générale, le champignon n'attaque pas directement le collet de la plantule ; mais il envahit presque toujours les cotylédons en premier. D'ailleurs la pourriture de la tige débute au niveau du point d'insertion des cotylédons sur la tige et remonte vers la surface du sol. Les tiges brunissent, noircissent et se désagrègent, seuls restent intacts les faisceaux libéro-ligneux. Le feuillage flétrit progressivement puis se dessèche.

Ce faciès de flétrissement peut avoir des causes diverses et n'est pas propre aux dégâts d'*Aspergillus niger*. Il peut être dû à une section du collet par des vers de terre, des iules ou à la pourriture du collet causée par *Sclerotium rolfsii* et *Macrophominaphaseoli*. Cependant *Aspergillus niger* est plus fréquent.

4. Principes de lutte

L'importance des dégâts d'*A. niger* sur l'arachide fait de ce champignon un parasite grave qui s'accompagne d'autres espèces fongiques sur les graines. Aussi est-il indispensable de désinfecter les semences afin de détruire cette flore pathogène et de limiter les contaminations venant du sol.

Un traitement superficiel assure assez bien leur destruction mais n'est pas forcément suffisant puisque les champignons du genre *Rhizoctonia* ne sont pas atteints. La flore interne est moins

abondante ; elle révèle la présence de *Rhizoctonia bataticola* avec une fréquence moins élevée que les espèces sporulantes ; mais suffisante pour causer des dégâts. *Rhizoctonia se* localise entre les cotylédons et autour de l'embryon, régions peu ou pas atteintes par les fongicides. On remarque que 'la flore globale interne ne révèle que le *Rhizoctonia* alors que les flores internes des autres espèces végétales révèlent souvent des espèces sporulantes et des bactéries.

Les graines sont entourées de leur tégument qui joue un rôle protecteur. En effet, celui-ci aurait un effet bactériostatique et fongistatique non négligeable. L'intégrité du tégument des graines d'arachide apparaît alors comme un facteur déterminant pour la protection sanitaire des semences. Aussi, toute opération (décorticage, brassage, transport, etc.), susceptible de blesser les graines comporte un risque d'augmentation du taux de contamination des graines avec, pour conséquence, un manque: à la levée ou une fonte de semis.

L'importance des dégâts causés par les champignons des semences d'arachide dépend de l'activité de ces espèces au cours des 10 premiers jours après le semis. En effet, c'est durant cette période que l'on enregistre le maximum d'altérations. Puis viennent s'ajouter, plus tard, les attaques d'autres champignons et bactéries du sol. L'on retient généralement que les pertes dues à la flore fongique séminale peuvent être importantes et conditionnent, pour une large part, le nombre de pieds par hectare. Ce qui rend nécessaire la désinfection des semences. Cependant cette dernière doit être faite dans le but de détruire à la fois les espèces externes et freiner le développement des espèces internes à la graine. Les produits utilisés doivent être suffisamment rémanents pour satisfaire à cette double exigence.

5. Méthodes de lutte

La lutte contre la contamination de l'arachide par *Aspergillus niger* fait appel à diverses méthodes préventives et curatives dont l'intérêt spécifique et l'applicabilité se sont avérées variables.

Les techniques visant à minimiser le risque d'infestation des arachides au champ ont concerné en premier l'arachide de bouche, produit à haute valeur ajoutée du fait qu'elle est exportée vers les marchés extérieurs. Ces mesures s'insèrent dans un paquet technologique cohérent :

- Au moment du semis, il est indiqué d'utiliser des semences de bonne qualité, préalablement soumises à un traitement fongicide et Insecticide pour les prémunir contre l'infestation par *A niger* et l'attaque d'insectes, d'arthropodes et des microorganismes du sol responsables des maladies de la levée. (Pettit R. et al, 1994) ;

- le déficit hydrique du sol entraîne une baisse de l'absorption du calcium et d'autres éléments minéraux dont les plantes ont besoin pour maintenir leur vigueur et assurer leur croissance. Par ailleurs on sait qu'*A niger* cause une forte mortalité chez les jeunes plants lorsque ceux -ci manquent de vigueur. Par conséquent, les pratiques culturales telles que le « radou » qui, par rupture de la capillarité limite la remontée de l'eau en surface favorisant ainsi le maintien de l'humidité dans le sol, sont vivement recommandées (Ba. A, 1990) ;

- au cours du développement végétatif des plantes, on observe, dans certaines régions, des attaques d'iules (myriapodes diplopedes). Les perforations pratiquées sur les gousses par ces « mille-pattes » favorisent l'invasion massive de celles-ci par les champignons. L'application de techniques de lutte éprouvées contre ces iules (appâts empoisonnés) permet de limiter considérablement ces dégâts.

- l'élimination des pieds flétris, niches de contamination par *A. niger*, permet de limiter la prolifération des spores au sein de la culture.

IV -PARTIE EXPERIMENTALE

La réalisation de cette étude a nécessité la mise en œuvre de travaux préliminaires au laboratoire et la mise en place d'un essai au champ.

1. Justification de l'étude.

Face à la menace de disparition du captafol du marché, les firmes ont réagi soit en diminuant sa teneur dans les mélanges fongicides insecticides mis sur le marché, soit en le substituant à d'autres fongicides. Aussi, plutôt que de rechercher d'autres molécules de substitution du captafol, il est apparu plus indiqué d'étudier l'efficacité intrinsèque de ces formulations alternatives, comparativement à la formulation originelle du Granox en vue d'orienter le choix des utilisateurs.

2. Objectifs

Cette étude vise à évaluer l'efficacité comparée de trois formulations de mélanges fongicides-insecticides utilisées à diverses doses pour la protection des semences d'arachide contre les maladies de la levée. Elle comporte deux objectifs spécifiques :

- Evaluer l'efficacité intrinsèque de chaque mélange, à diverses doses, sur une culture pure d'*Aspergillus niger* en boîte de Pétri ;
- Evaluer l'efficacité intrinsèque de chaque formulation en plein champ, sur une culture de 5 5 - 43 7 artificiellement infestée par *Aspergillus niger*

3. Matériel et Méthodes

3.1 Matériel

3.1.1 Matériel biologique

Le matériel biologique mis en œuvre dans cette étude est une souche d'*Aspergillus niger* isolée à partir d'un sol cultivé en arachide. La souche a été purifiée au laboratoire.

3.1.2. Matériel végétal

L'essai comporte une seule variété : 55-437 (90 jours) déjà vulgarisée au Sénégal.

3.1.3 Formulations fongicides insecticides

Les formulations mises en test sont : **GRANOX CBC** (Captafol 7% - Benomyi 7% - Carbofuran 10%) ; **GRANOX CBC** (Chlorothalonyl 10% - Benomyl 10% - Carbofuran 10%), **SPINOX** (Thiram 15% - Benomyl 7% - Carbofuran 10%) et TMTD + Heptachlore.

3.1.4. Matériel de laboratoire

- E Tuve
- Balance de précision Mettler
- Hôte a flux laminaire
- Agitateur va -- et - vient
- Autoclave
- Agitateur Vortex
- Microscope, loupe binoculaire
- Chambre de lecture à UV
- Broyeur (Warning -- blendor)
- Extracteur Soxhlet
- Verrerie : boîtes de Pétri, Erlen meyers, fioles jaugées, béchers, tubes à essai, pipettes, micro-seringues Hamilton).

3.2 Méthodes

3.2.1 Efficacité intrinsèque des formulations sur une culture pure d'*Aspergillus niger*

‘Un échantillon de sol prélevé sur un champ d’arachide est mis en suspension à la concentration de 1% (P/V) dans de l’eau distillée stérile. Un millilitre de cette suspension est étalée sur

milieu Agar – Rose bengale, en boîte de pétri. Après une semaine d’incubation, *Aspergillus niger* a été prélevé de l’amas fongique et isolé au moyen de purifications successives.

Parallèlement, des solutions de formulations fongicides – insecticides sont préparées à des concentrations variant entre 0,1 et 1 gramme de produit/100ml d’eau distillée stérile (soit 10 concentrations).

L’étude de l’efficacité intrinsèque de ces formulations sur une culture pure d’*Aspergillus niger* a été conduite de deux manières :

- La première a consisté à introduire une aliquote de ces solutions dans une boîte de Pétri contenant du milieu agar-Rose bengale puis à ensemencer celui-ci avec 1 millilitre d’une suspension de spores d’*A.niger* de concentration initiale égale à $3 \cdot 10^6$ spores/ml dans de l’eau distillée stérile. Ces suspensions sont uniformément réparties sur la surface du milieu par une légère agitation. Cette opération qui inclut un témoin sans traitement fongicide insecticide est réalisée au laboratoire en 3 répétitions pour chaque concentration (soit 44 boîtes).
- la seconde méthode également réalisée au laboratoire a consisté à incorporer la suspension de la formulation dans le milieu agar-Rose bengale et à homogénéiser le mélange par agitation avant solidification de l’agar. Cette opération comporte également un témoin sans traitement fongicide insecticide et est réalisée en trois répétitions (soit 44 boîtes). Ensuite une pastille de culture pure d’*A .niger* sur Agar – Rose bengale est prélevée à l’emporte-pièce et déposée sur le milieu Agar.

L’efficacité fongicide de ces formulations à diverses concentrations est appréciée par évaluation des zones ‘d’inhibition de la croissance du champignon selon l’échelle de notation suivante :

1. Si la zone d’inhibition de la croissance du champignon est égale à $\frac{1}{4}$ (ou 25%) de la surface de la boîte de Pétri ;
2. Si cette zone est égale à $\frac{1}{2}$ (ou 50%) de la surface de la boîte de Pétri.
3. Si cette zone est égale à $\frac{3}{4}$ (ou 75%) de la surface de la boîte de Pétri.
4. Si cette zone couvre toute la surface (ou 100%) de la boîte de Pétri.

Ces tests devraient permettre d'identifier, pour chaque formulation, la meilleure concentration au point de vue efficacité vis-à-vis d'*A. niger* et, par suite, d'apprécier la variabilité de celle-ci à des concentrations équivalentes des diverses formulations.

3.2.2 Efficacité intrinsèque des formulations en plein champ.

Les trois formulations sont testées au champ à diverses doses (témoin sans traitement de semences, dose recommandée, $\frac{1}{2}$ de la dose recommandée et $\frac{3}{2}$ de la dose recommandée) sur la variété 55-437, mise en culture sur une parcelle artificiellement infestée par *A. niger* selon deux modalités :

- .. infestation du sol par un support solide constitué de coques d'arachide broyées et inoculées avec une suspension de spores d '*A. niger* ;
- .. infestation des graines d'arachide par une suspension de spores d' *A. niger* (concentration de la suspension : $3.1 \cdot 10^6$ spores /ml) préalablement au semis.

La dose recommandée correspond à 2 grammes de produit pour 1000 grammes de semences.

3.2.3 Dispositif expérimental.

Le dispositif proposé pour l'essai au champ est un split-split-plot (voir schéma en annexe **1**) dont les paramètres sont les suivants :

- parcelle principale : modes d'infestation (2)
- sous parcelle : types de formulation (3)
- sous- sous-parcelle : doses (4) (témoin sans traitement , dose recommandée ; $\frac{1}{2}$ de la dose recommandée et $\frac{3}{2}$ de la dose recommandée)
- répétitions (4)
- dimensions de la parcelle élémentaire : 4 m x 4 m soit une superficie de 16 m²
- distance entre parcelles élémentaires : 1 m
- distance entre lignes au sein de la parcelle : 0,5 m
- distance entre poquets sur la ligne : 0,15 m
- surface totale de l'essai : 2220 m² .
- localisation : station de Nioro
- précédent cultural : jachère ou céréale

- travaux :
 - épandage d'engrais 6-20-1 0 à la dose de 150 kg/ha avant semis;
 - infestation d'une partie de la parcelle par *Aspergillus niger* sur support solide et infestation d'une partie des semences par une suspension de spores d'*A. niger* ;
 - semis après la première pluie utile, suivi d'un radou ;
 - premier binage à 2 1 jours du semis ; binage ultérieur à la demande ;
 - récolte à 90 jours après semis puis séchage.

3.2.4 Observations et relevés en cours de culture

Les observations ont porté sur les maladies foliaires (Cercosporioses et rouille).

Les paramètres étudiés sont : la densité à diverses phases du développement végétatif, La hauteur des plants à 60 jours après semis, les rendements en gousses et fanes, les poids de 100 gousses et 100 graines et, enfin le nombre de gousses par pied.

Le traitement des données est réalisé à l'aide du logiciel GENSTAT.

IV – RESULTATS EXPERIMENTAUX

1. Conditions environnementales

1.1 Parasitisme

A la levée et tout au long du cycle végétatif des plantes, aucune attaque significative d'un quelconque déprédateur n'a été notée. Toutefois, quelques taches symptomatiques de Cercosporiose précoce (*Cercospora arachidicola*) et tardive (*Phaeoisariopsis personnata*) ont été relevées çà et là sur les feuilles de quelques plantes, mais le niveau des attaques n'augure d'aucun effet dépressif sur les rendements.

1.2. Pluviométrie

La pluviométrie enregistrée durant l'expérimentation au niveau de la station est de 975mm. Ce cumul est supérieur à la moyenne enregistrée 8 ans sur 10 durant les périodes de sécheresse relative sur ce même site (520 mm) depuis 1966. Toutefois l'on notera que les besoins en eau des plantes ont été suffisamment couverts singulièrement durant les phases les plus critiques correspondant à la floraison (août) et à la formation des gousses (septembre).

De plus, durant le séchage des plantes en bandes puis en petites meules, des pluies tardives ont été enregistrées qui ont provoqué le noircissement des gousses.

1.3. Humidité relative

L'humidité relative moyenne croît, progressivement de juillet (40%) à la 3^{ème} décennie d'août où elle atteint (87%), puis se maintient pratiquement à ce niveau jusqu'en fin septembre.

1.4. Températures

Les températures minima s'établissent entre 22 et 25 C° et ne présentent que de faibles variations tout au long du cycle de développement des plantes. En revanche, les températures maxima baissent progressivement de 37,7 C° en juin à 32 C° à la mi-août. Elles se stabilisent autour de 34 C° durant le mois de septembre (cf. annexe 2).

Il convient de rappeler que l'humidité relative et la température sont des facteurs qui ont une incidence déterminante sur la croissance des champignons. Les valeurs enregistrées au cours de cette expérimentation, singulièrement en période de levée (HR moyenne 53% et T moyenne 28 C°) n'excluent point pour ce champignon la possibilité de se développer et provoquer des mortalités.

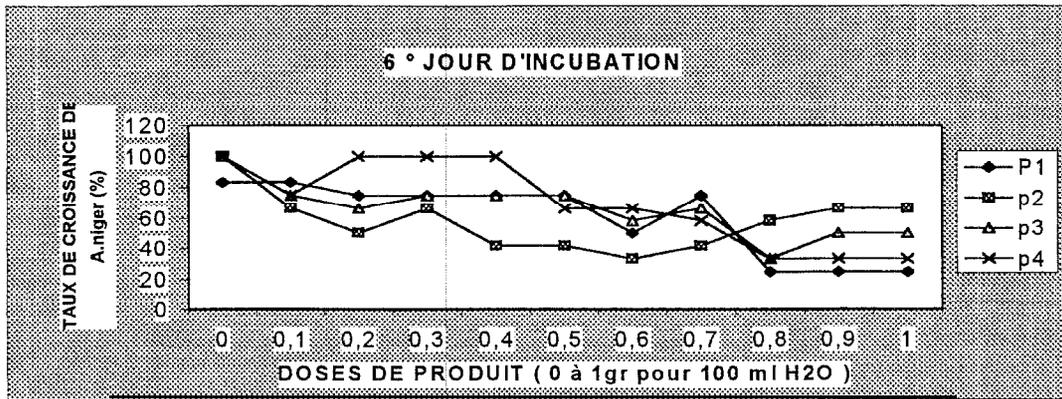
2. Essai au laboratoire

La dynamique de croissance de *A. niger* dans les milieux de culture de compositions chimiques différentes est appréciée par estimation de l'extension de la colonie sur milieu Agar -- Rose bengale. Les notations sont données en pourcentage de surface de boîte de Pétri couverte par le champignon en développement. Dans ces conditions, les plus faibles pourcentages de colonisation du milieu Agar correspondent aux plus forts taux d'inhibition et donc aux plus fortes efficacités de protection des formulations mises en test. Les observations ont été faites au terme de 3 ; 4 ; 5 et 6 jours d'incubation des cultures dans l'atmosphère du laboratoire (Fig. 6 : a, b, c, d).

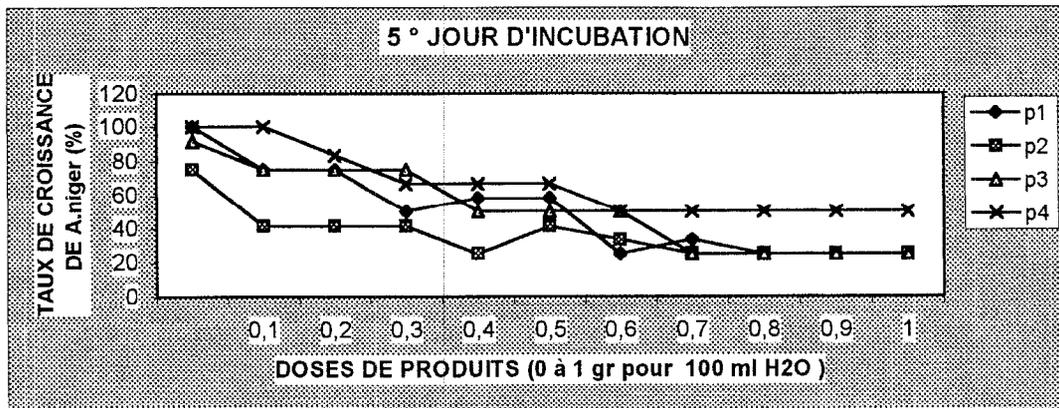
Il apparaît clairement que quelles que soient la concentration mise en œuvre et la période d'observation, le GRANOX CBC (Chlorothalonyl 10% - Benomyl 10% - Carbofuran 10%) exerce, même à très faible concentration (0.1 - 0.3 % P/V), l'effet inhibiteur le plus marqué sur la croissance d'*A. niger*, comparativement aux trois autres formulations. Cet effet inhibiteur, estimé à environ 80% dès les premiers jours d'incubation, semble immédiat ; mais il commence à s'atténuer à partir du 6^e jour d' incubation pour atteindre, en moyenne 55 - 60%.

En revanche, durant les 3 - 4 premiers jours d'incubation, les trois autres formulations ne manifestent une efficacité de protection comparable à la formule précitée qu'à partir des concentrations en produit de 0.3 - 0.4 %. Leurs effets inhibiteurs s'expriment de manière progressive entre le premier et le 6^e jours d'incubation et ce, quelle que soit la concentration de la formulation. Au 6^e jour d'incubation, elles ont un effet inhibiteur plus marqué que le GRANOX CBC (Chlorothalonyl 10% - Benomyl 10% - Carbofuran 10%) lorsque leurs concentrations dans le milieu agarisé est supérieure ou égale à 0.8%.

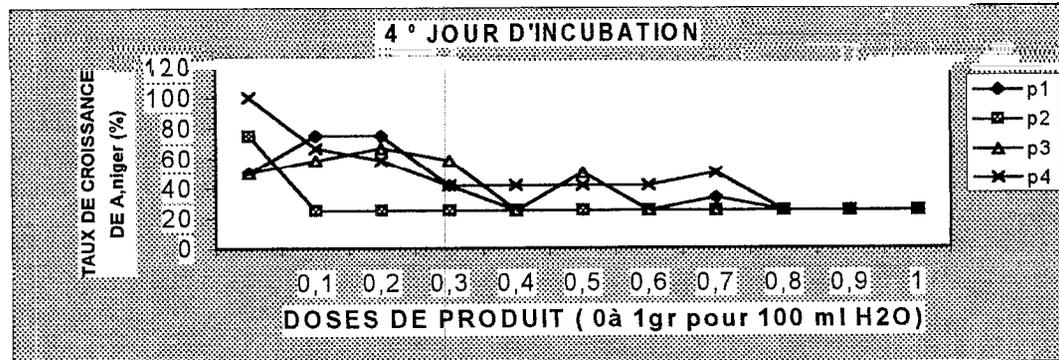
En résumé, les données de cette expérimentation donnent à penser que le GRANOX CBC (Chlorothalonyl 10% - Benomyl 10% - Carbofuran 10%) protège les semences dès leur mise en terre, leur permettant ainsi de mobiliser toutes leurs substances nutritives pour assurer une bonne



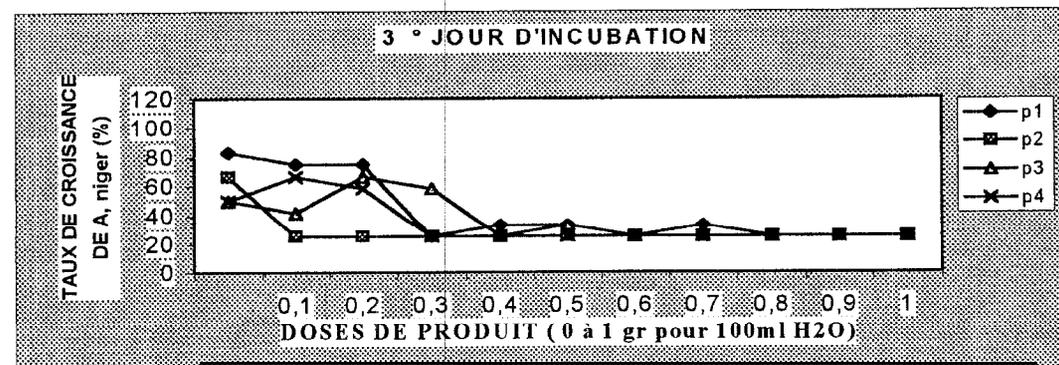
a



b



c



d

fig ; 6 Dynamique de croissance de A. niger à diverses périodes d'incubation dans un milieu Agar contenant le mélange fongicide -insecticide à diverses concentrations .P1 = Captafol 7% Bénomyl 7% Carbofuran 10% P2 = Chlorothalony 10% Bénomyl 10% Carbofuran 10% P3 = Thurame 15% Bénomyl 7% Carbofuran 10% P4 = TMTD + Heptachlore

levée et avoir une bonne vigueur dès leur émergence du sol, ce qui peut les rendre plus résistantes aux attaques survenant dès ce stade de la croissance. Les autres formulations semblent avoir un effet progressif de protection et donc une certaine rémanence ; leur effet inhibiteur est plus marqué au moment de l'émergence des plantes du sol.

3. Essai au Champ

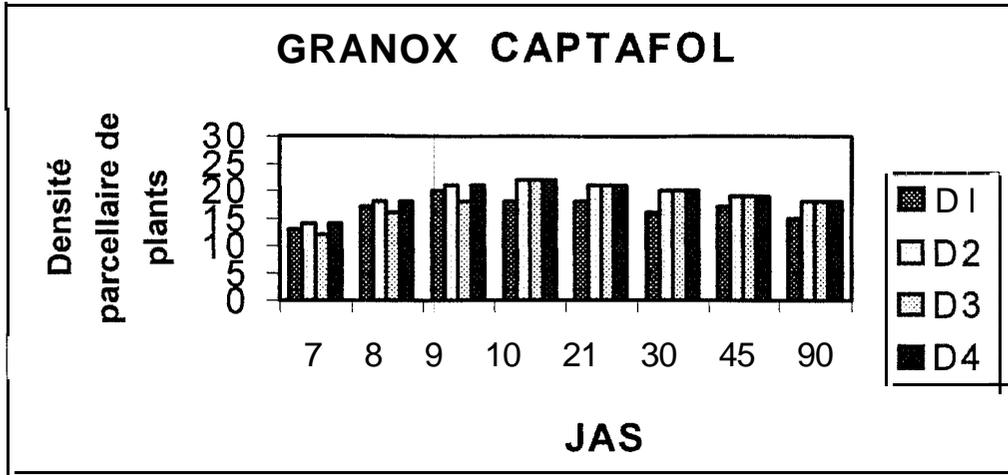
Les effets des divers traitements fongicides insecticides en conditions d'infestation du sol ou des graines avec *A.niger* ont été évalués à travers la détermination des paramètres suivants : densité de plants à diverses phases du développement végétatif, hauteur des plants à 60 jours après semis, rendement en gousses, rendement en faves, poids de 100 gousses, poids de 100 graines et nombre de gousses par pied. Des observations ont également été faites sur l'apparition des maladies foliaires : cercosporiose précoce, cercosporiose tardive et rouille.

3. 1 Evolution de la densité de plants à diverses périodes du cycle végétatif.

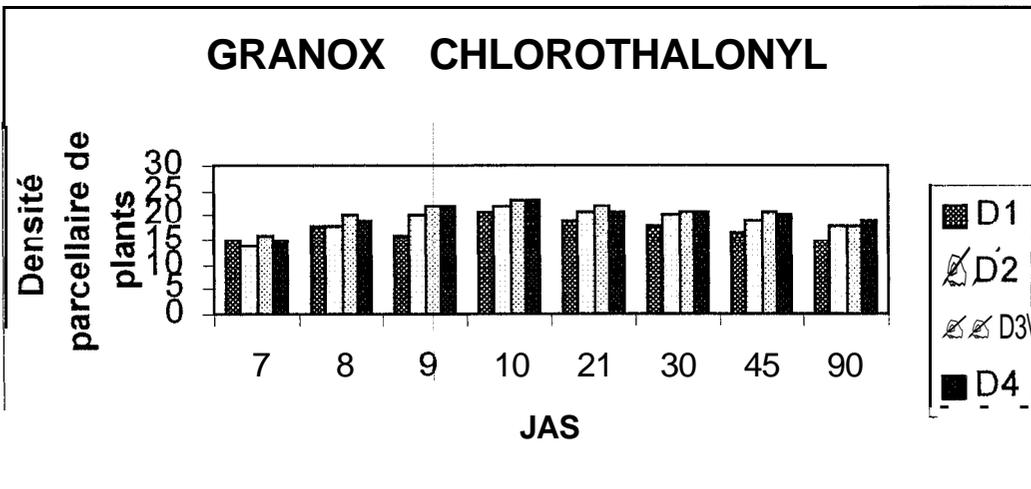
L'évolution de la densité parcelle de plants aussi bien sur les parcelles à sol infesté par *A. niger* que sur celles à graines infestées a été notée pour chaque formulation et chaque dose à 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 21. 30 ; 45 et 90 jours après semis (Fig 7 et 8). Il faut rappeler que la surface d'une parcelle est de 16 m²

Dans tous les cas de figure, la densité parcelle croît régulièrement jusqu'au 10^{ème} jour après semis et a tendance à se stabiliser à partir de cette date jusqu'au 21^{ème} jour. Puis elle accuse une tendance plus ou moins prononcée à la baisse au fur et à mesure de l'évolution des cultures vers la maturité. Cette baisse tendancielle de la densité s'explique par la mortalité des plants due vraisemblablement en partie à *A. niger* et, en partie à d'autres parasites ou prédateurs non identifiés.

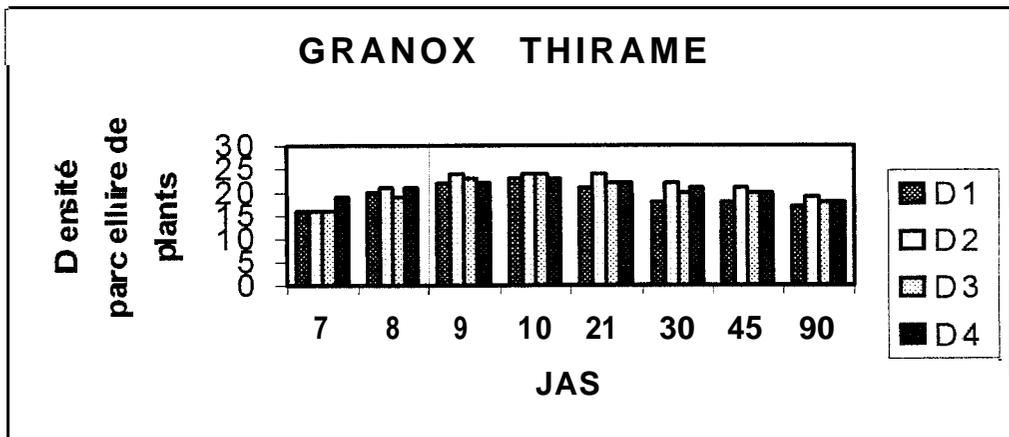
Toutefois, il conviendra de relever que la densité parcelle est plus forte sur les parcelles à sol infesté par *A. niger* que sur celles à graines infestées par le champignon parasite, Cela s'explique par le contact plus intime du parasite avec l'hôte dans le second cas comparativement au premier. En effet, au cours des observations sur le terrain il était aisé de remarquer que les parcelles à graines infestées avaient une densité relativement plus faible et, surtout, une moindre vigueur.



a

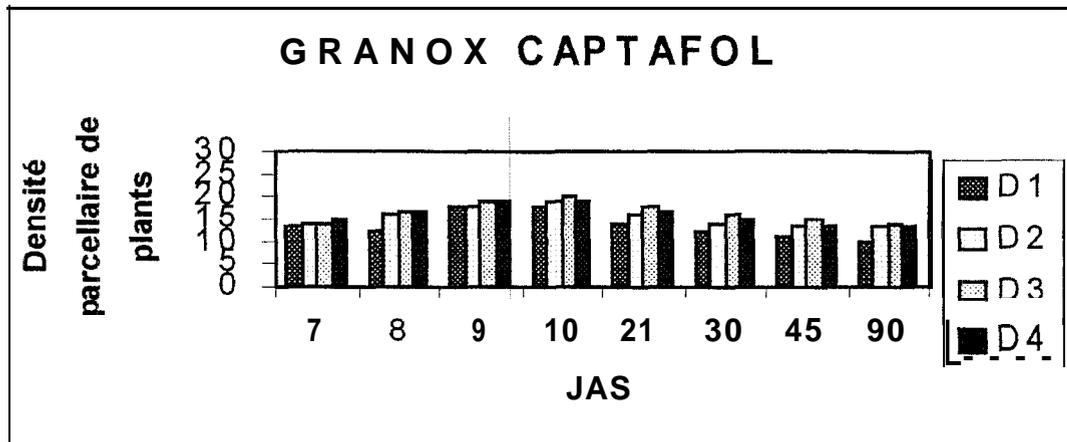


b

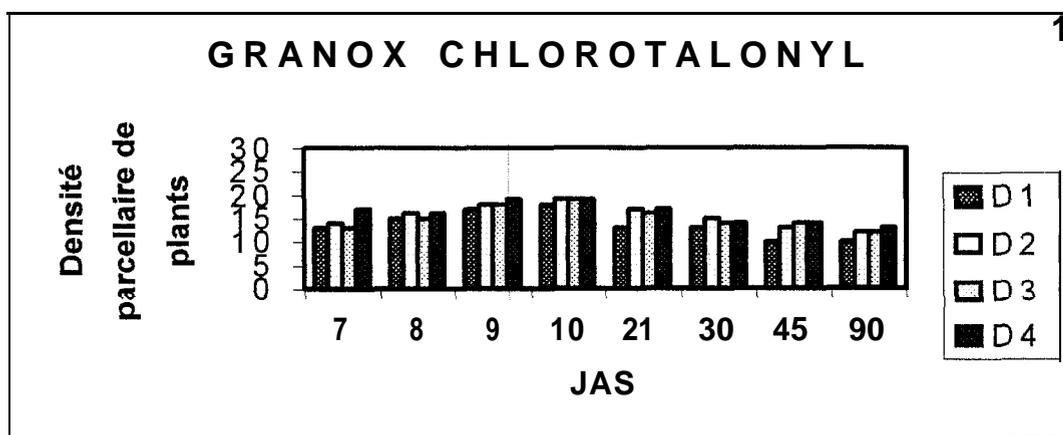


c

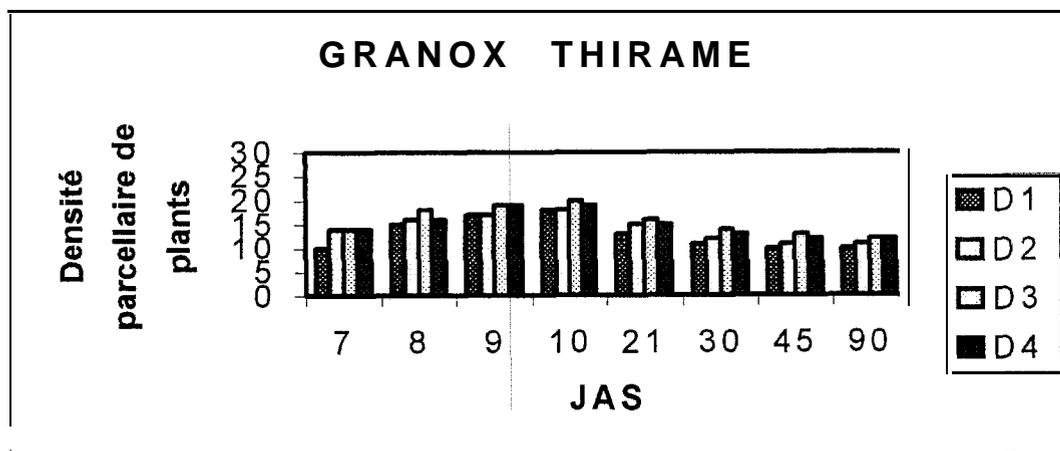
Fig 7 : Evolution de la densité parcellaire de la variété 55-437 sur sol infesté par *A. niger*
D1=Témoine ; **D2**= 1/2 Dose recommandée ; **D3**= Dose recommandée ; **D4**= 3/2 Dose recommandée



a



b



c

Fig8 Evolution de la densité parcellaire de la variété 55-437 -cas des semences infestées par *A.niger*
 D1 = Témoin ; D2 = 1/2 Dose recommandée ; D3 = Dose recommandée ; D4 = 3/2 Dose recommandée

L'on observera également dans ces figures qu'à l'exception de quelques cas rares, la mise en œuvre d'un traitement des semences au mélange fongicide insecticide à une dose 1,5 fois supérieure à la dose recommandée n'apporte pas de gain de densité. En revanche, le traitement fongicide insecticide des semences à la dose recommandée et même à une dose moitié moindre améliore, de toute manière, la densité des plants au champ comparativement au non traitement.

3.2 Hauteur des plants à 60 jours après semis

Le mode d'infestation par *A. niger* n'a pas d'effet significatif sur la hauteur des plants.

En revanche, les formulations ont un effet significatif sur ce paramètre. L'effet du GRANOX **CBC** (Chlorothalonyl 10% - Benomyl 7% - Carbofuran 10%) (29.3 cm) est significativement supérieur aux effets respectifs de GRANOX **CBC** (Captafol 7% - Benomyl 7% - Carbofuran 10%) (28.7 cm) et **SPINOX** (Thiram 17% - Benomyl 10% - Carbofuran 10%) (27.3 cm). La plus petite différence significative est de 1.65 pour ce paramètre.

Les diverses doses induisent des différences significatives pour ce paramètre ; l'effet linéaire est également significatif: on observe une augmentation constante de la hauteur des plants au fur et à mesure de l'augmentation de la dose de fongicide insecticide.

Les interactions infestation - dose ; formulation - dose et infestation - formulation - dose ne sont pas significatives.

Le coefficient de variation est de 10.2% (Tabl. II).

Tableau II : Effets de la dose de fongicide insecticide sur la hauteur des plants (cm) 60 jours après semis.

Infestation	Formulation	Doses				
		Témoip	1/2 DR	DR	3/2 DR	
Sol	Cap - Ben - Car	25.9	29	26.2	30.5	
	Chlor - Ben - Car	27.8	30.1	31.6	30.1	
	Thir - Ben - Car	27.0	27.2	28.8	30.0	
Graines	Cap - Ben - Car	25.3	29.2	27.5	27.1	
	Chlor - Ben - Car	25.1	27.4	28.3	31.1	
	Thir - Ben - Car	23.9	24.4	30.7	26.3	
Moyenne		26.3	27.9	28.8	29.2	
C.V. %						10.2
P.P.D.S						1.65

DR est la dose recommandée pour chaque formulation en poudrage des semences.

3.3 Rendement en gousses.

L'effet du mode d'infestation (sol infeste par *A. niger* et graines infestées par *A. niger*) n'est pas significatif: Même si la moyenne des rendements en traitement du sol (1421 kg /ha) est nettement supérieure à celle des rendements obtenus avec traitement des graines (971 kg/ha). En effet le traitement des semences par *A. niger* a un effet plus dépressif sur la densité et le rendement que celui du sol. Cela s'explique aisément par le fait que dans le premier cas, les graines sont en contact direct avec le parasite. Toutefois l'on peut retenir, avec une probabilité de 10%, que le mode d'infestation du sol peut avoir un effet significatif sur le rendement en gousses.

Les différentes formulations mises en test n'induisent pas de différence significative sur le rendement en gousses.

En revanche, l'effet dose est, en règle générale, très hautement significatif : la dose recommandée procure le maximum de rendement engousses. De plus, les effets linéaires et quadratiques sont également significatifs (Tabl. III). Cela signifie que le rendement croît au fur et à mesure de l'augmentation de la dose (effet linéaire) ; mais décroît à partir d'une certaine dose (dose recommandée, dans le cas d'espèce) et ce, malgré l'augmentation de la dose de fongicide insecticide.

Le coefficient de variation est de 19.1%

Tableau XII : Effets de la dose de fongicide insecticide sur le rendement en gousses (kg/ha).

Infestation	Formulation	Doses			
		Témoin	1/2 DR	DR	3/2 DR
Sol	Cap - Ben - Car	1209.8	1359.4	1354.7	1568.0
	Chlor - Ben - Car	1293.8	1514.8	1504.0	1437.5
	Thir - Ben - Car	1258.6	1332.7	1594.0	1533.0
Graines	Cap - Ben - Car	799.8	1274.1	1278.8	942.7
	Chlor - Ben - Car	799.0	847.5	1038.3	1152.4
	Thir - Ben - Car	640.6	909.4	1045.5	928.3
Moyenne		1000.2	1206.3	1319.3	1260.3
c. v %					19.1
P.P.D.S					132.07

3.4 Rendement en fanes

Les effets mode d'infestation et type de formulation ne sont pas significatifs sur le rendement en fanes. Par contre les doses mises en œuvre ont un effet significatif sur ce paramètre.

Et qui plus est, l'effet linéaire est significatif. En d'autres termes, quels que soient le mode d'infestation et le type de formulation qu'on observe, de façon générale, dans le cadre de cette expérimentation et dans les limites des doses mises en œuvre, une augmentation de la quantité de faves produites au fur et à mesure que la dose de fongicide insecticide croît.

Le coefficient de variation est de 26.9% (Tabl. IV)

Tableau IV : Effets de la dose de fongicide insecticide sur le rendement en faves (kg/ha).

Infestation	Formulation	Doses			
		Témo. in	1/2 DR	DR	3/2 DR
Sol	Cap - Ben - Car	1665.2	2015.6	1645.4	2557.0
	Chlor - Ben - Car	2081.3	2110.2	2896.1	2312.5
	Thir - Ben - Car	1991.4	2417.3	2156.1	2467.0
Graines	Cap - Ben - Car	1200.3	2100.9	1721.2	1682.3
	Chlor - Ben - Car	1701.1	1402.6	1711.2	2222.6
	Thir - Ben - Car	984.4	1590.7	1579.6	1821.7
Moyenne		1603.9	1939.5	1951.5	2177.2
C.V. %					26.9
P.P.D.S					298.20

3.5. Poids de 100 gousses ; poids de 100 graines et nombre de gousses par pied

Tous les traitements (modes d'infestation, type de formulation et dose) se sont révélés sans effet significatif sur ces paramètres.

3.6. Observations sur les cercosporioses précoce et tardive et la rouille.

Les cercosporioses précoce (*Cercospora arachidicola*) et tardive (*Phaeoisariopsis personata*) et la rouille sont des maladies foliaires dues à des champignons parasites de feuilles. L'incidence de leurs attaques dépend, dans une certaine mesure, de la vigueur des plants. Leurs attaques interviennent généralement à partir du 60^e jour après semis et peuvent, en cas de sévérité, occasionner des pertes de rendement de l'ordre de 50% pour chaque type de maladie.

Le tableau V indique l'incidence de ces maladies sur la variété 55 – 437.

Les divers traitements mis en œuvre (modes d'infestation du sol, types et doses de formulation) n'ont aucun effet direct sur l'incidence des maladies foliaires comme en attestent les valeurs indiquées dans le tableau V. Celles – ci se rapportent à une échelle variant de 1 à 9

(annexe 3). Les niveaux d'attaque observés sont courants et sans incidence notable sur le rendement.

Tableau V : Incidences de la cercosporiose tardive et de la rouille

Moyenne Cerco.	Formulation	Dose	Infestation	
			1	2
1	1	1	6,25	6,25
		2	6,25	6,25
		3	7,50	7,50
		4	6,25	7,50
2	2	1	6,25	6,25
		2	6,25	6,25
		3	5,00	6,25
		4	6,25	5,00
3	3	1	6,25	6,25
		2	6,25	6,25
		3	8,75	7,50
		4	7,50	7,50

Moyenne Rouille	Formulation	Dose	Infestation	
			1	2
1	1	1	1,00	1,00
		2	2,00	1,00
		3	1,00	1,00
		4	3,00	1,00
2	2	1	1,00	1,00
		2	1,00	1,00
		3	1,00	1,00
		4	1,00	1,00
3	3	1	1,00	1,00
		2	1,00	1,00
		3	2,00	1,00
		4	1,00	1,03

Moyenne Cerco.	Infestation	
Formulation	1	2
1	6,561	6,88
2	5,94	5,94
3	7,19	6,88
Moyenne	6,56	6,56

Moyenne Rouille	Infestation	
Formulation	1	2
1	1,75	1,00
2	1,00	1,00
3	1,25	1,01
Moyenne	1,33	1,00

Formulation : 1 = (Captafol 7% - Benomyl 7% - Carbofuran 10%) ; 2 = (Chlorothalonil 10% - Benomyl 10% - Carbofuran 10%) ; 3 = (Thirame 15% - Benomyl 7% - Carbofuran 10%)

Dose : 1 = Témoin ; 2 = 1/2 dose recommandée ; 3 = Dose recommandée ; 4 = 3/2 dose recommandée. **Infestation** : (1 = sol ; 2 = graines)

4. Discussions

L'étude des effets intrinsèques des formulations de fongicides insecticides sur une culture pure d'*A. niger* a été menée de deux manières. La première consistant à introduire une suspension aqueuse des formulations dans une boîte de Pétri contenant un milieu Agar - Rose bengale et à ensemencer celui-ci avec une suspension de spores d'*A. niger* n'a pas donné de résultat satisfaisant. En effet, il s'est avéré difficile de répartir de manière homogène la solution de la formulation dans le milieu, En revanche, l'incorporation de la formulation dans le milieu Agar suivie d'une agitation avant solidification de celui-ci facilite sa bonne diffusion dans le milieu. Cette seconde méthode a permis de bien différencier les effets des formulations sur la croissance du parasite, en culture pure, Cette expérience incite à conclure à l'efficacité supérieure de GRANOX CBC (Chlorothalonyl 10% - Benomyl 10% - Carbofuran 10%) par rapport aux deux autres formulations.

La supériorité de cette formulation pourrait être due non seulement aux propriétés intrinsèques du Chlorothalonyl ; mais également au fait que cette formulation contient du Benomyl (autre fongicide) à une concentration supérieure (10%) à celle du même composé des 2 autres formulations (7%). De plus, le fait que cette formulation inhibe le développement du parasite dès son application rassure sur les chances d'une bonne protection des semences avant même la levée. Cependant la baisse de l'efficacité de cette formulation au bout de 6 à 7 jours pose le problème de la protection des plantules après levée, d'autant que leurs collets sont souvent la cible de nombre de prédateurs : arthropodes et champignons parasites. L'intérêt des deux autres formulations réside dans le fait que leur efficacité de protection est progressive et s'exprime bien, notamment au moment de l'émergence des plantes, assurant ainsi leur protection à cette phase critique.

L'application de ces formulations en protection des semences revêt une importance particulière dans la mesure elle permet d'obtenir, dans tous les cas, une densité de plants supérieure par rapport à celle obtenue avec des semences non traitées. La densité obtenue sur sol infesté par *A. niger* est légèrement plus élevée que celle obtenue sur parcelles semées avec des graines infestées ; cela traduit une différenciation des relations hôte - parasite, celles-ci étant évidemment plus étroites dans le second cas. La légère baisse tendancielle de la densité au fur et à mesure du déroulement du cycle végétatif est un phénomène courant chez cette culture. Il n'a pas été possible de différencier l'effet formulation ni l'effet dose sur le paramètre de la densité.

La hauteur des plants à 60 jours après semis est un critère symptomatique de la vigueur des plants. Dans cette expérimentation, il est apparu que le type de formulation peut avoir un effet direct sur ce paramètre. Dans le cas d'espèce, le GRANOX CBC (Chlorothalonyl 10% ▪ Benomyl 10% ▪ Carbofuran 10%) se distingue à nouveau des deux autres formulations par son effet bénéfique sur ce paramètre. L'effet positif direct des formulations sur l'augmentation de la hauteur des plantes incite à retenir que ces produits pourraient être dotés d'un pouvoir phyto - stimulant en plus de leur pouvoir protecteur.

Les formulations mises en test n'ont pas d'effet significatif sur le rendement en gousses. Cela se comprend aisément car, à l'inverse des engrais qui, eux, peuvent avoir un effet plus ou moins direct sur ce facteur, ces formulations sont censées avoir un effet indirect sur le rendement du fait de leur rôle de protection contre la ennemis des plants avant et après levée. Il est intéressant de noter que la dose recommandée par les firmes assure le meilleur rendement en gousses et que son augmentation ne procure aucun gain supplémentaire en gousses.

L'augmentation continue du rendement en fanes au fur et à mesure de l'augmentation de la dose des formulations milite en faveur de la thèse selon laquelle ces formulations auraient vraisemblablement un effet phyto - régulateur qui, dans le cas d'espèce, s'exercerait de manière prépondérante sur la production de fanes au détriment de celle de gousses.

Tous les traitements (modes d'infestation, type de formulation, doses) se sont révélés sans effet sur les poids de 100 gousses et 100 graines ainsi que sur le nombre de gousses par pied. Cela s'explique vraisemblablement par le fait que ces composantes du rendement sont sous la gouverne d'autres facteurs (engrais, teneur des sols en calcium ..).

Les traitements mis en œuvre sont sans effet significatif sur les maladies foliaires. En fait, on en attendait pas un quelconque effet ; mais il est apparu intéressant de noter l'apparition de ces maladies car, en cas de sévérité, elles auraient pu expliquer les différences observées sur certains paramètres d'étude. De toute façon, les niveaux d'attaque observés n'augurent d'aucune baisse significative des rendements en gousses et 'fanés.

CONCLUSION.

Cette étude a permis de comparer l'efficacité de trois formulations fongicides insecticides préconisées par les firmes de produits phytosanitaires pour la protection des semences d'arachide. Ces produits sont indifféremment utilisés par les producteurs à cette fin. Face à la menace d'une disparition imminente du Captafol du marché, les firmes ont identifié des substituts à ce fongicide (Chlorothalonyl dans une autre formulation du GRANOX CBC et Thirame dans la formulation SPINOX). Plutôt que d'étudier l'efficacité spécifique du Captafol et de ses substituts sur les parasites, nous avons pensé qu'il était plus raisonnable de focaliser notre étude sur les produits finis vendus sur le marché et incluant ces substituts, d'autant que la composition ternaire de ces produits pourrait donner lieu à des synergies insoupçonnées.

Une étude préliminaire en laboratoire de l'efficacité de ces formulations a conclu à la supériorité de GRANOX CBC (Chlorothalonyl 10% - Benomyl 10% - Carbofuran 10%) sur GRANOX CBC (Captafol 7% - Benomyl 7% - Carbofuran 10%) et SPINOX (Thirame 15% - Benomyl 7% - Carbofuran 10%). Cette supériorité de protection s'exprime dès les premiers jours de contact de la graine avec les parasites mais s'estompe vers le 6^e jour. En revanche, les deux autres formulations agissent de façon progressive et conservent encore leurs pouvoirs de protection au -- delà de 6 jours.

Cette étude a montré l'intérêt de la protection des semences et son effet direct sur la densité des plants,, comparativement à un non traitement des semences. Elle a également prouvé la pertinence des doses recommandées par les firmes en traitement des semences, celle - ci donnant les meilleurs rendements en gousses, comparativement aux doses inférieures ou supérieures, Les effets positifs des formulations sur certains paramètres, notamment la hauteur des plants et la production de fanes font penser que ces formulations ont un effet phyto - stimulant. Par contre leur application n'a aucun effet direct sur le rendement en gousses, le poids de 100 gousses, le poids de 100 graines ainsi que le nombre de gousses par pied; ces paramètres, composantes essentielles du rendement, étant probablement sous l'influence d'autres facteurs. Les niveaux de maladies foliaires observés semblent être sans incidence significative sur le rendement.

Cette étude a ainsi permis de dégrossir Certaines questions relatives à la protection des semences d'arachide. Elle n'a pas la prétention d'apporter une réponse définitive à la problématique de la protection des semences tant celle - ci est complexe. Toutefois, elle constitue une contribution

essentielle à l'approche de ces questions au plan méthodologique. En effet, des expériences antérieures n'avaient pas permis de réaliser des conditions de contamination artificielle tant en laboratoire qu'en plein champ, conditions préalables à l'étude de l'efficacité des formulations de protection des semences d'arachide. La méthodologie développée dans cette étude est applicable à d'autres formulations et à d'autres espèces végétales et fongiques. Elle permet également d'envisager des études sur l'enrobage industriel des semences. Mais, d'autres questions restent encore posées : les doses d'application de ces formulations sont différentes selon qu'il s'agit de variétés de bouche ou d'huilerie. En effet, pour certaines formulations, la dose préconisée pour l'arachide de bouche en poudrage des semences est pratiquement le double de celle conseillée pour l'arachide d'huilerie. Cette recommandation est-elle justifiée ? En tout cas, elle mérite élucidation au moment même où vient d'être mis en chantier un ambitieux programme national de relance de la culture de l'arachide de bouche. Sous ce rapport, la reconduction de cette étude et son enrichissement par la prise en compte des interrogations qu'elle suscite constituent une nécessité incontournable dans l'effort de relance de cette culture au Sénégal.

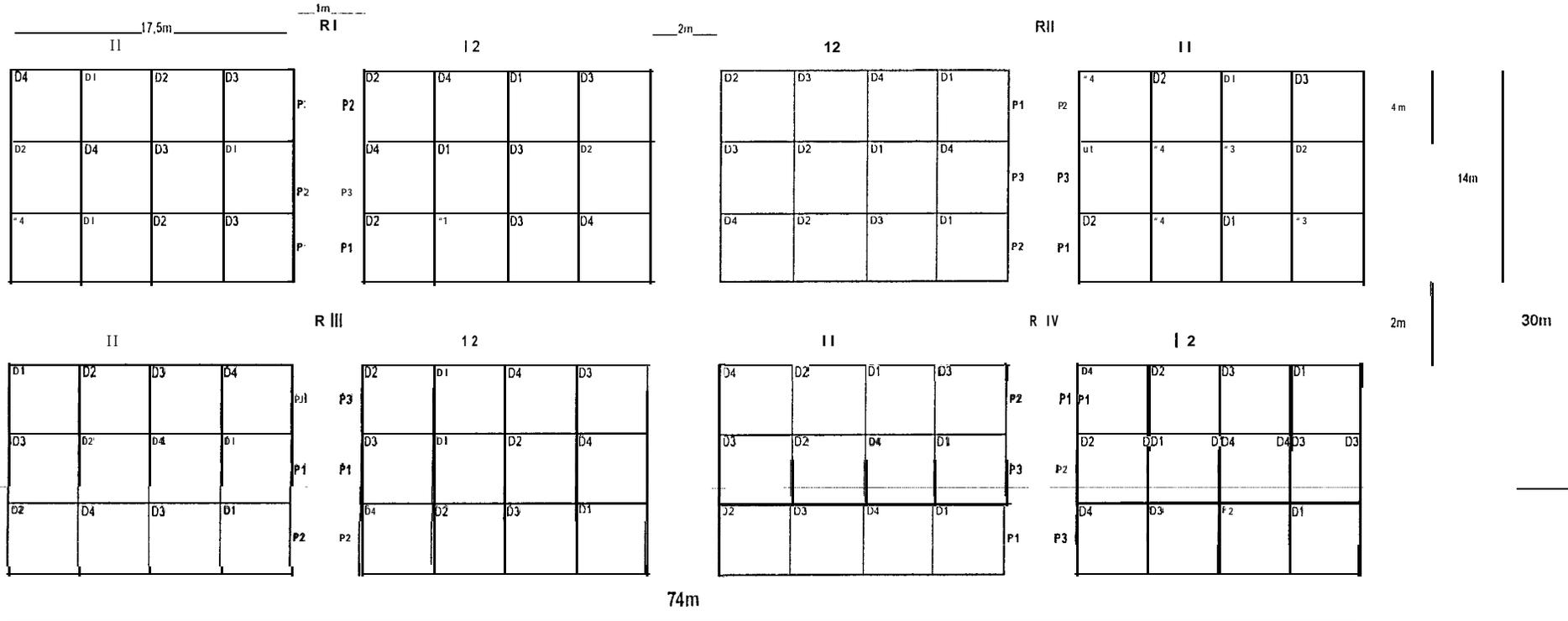
BIBLIOGRAPHIE

- ANNEROSE, D (1990) : Recherche sur les mécanismes physiologiques d'adaptation à la sécheresse – Application à l'arachide ; Thèse de Doctorat, Université Paris VII.
- B A, A et al. (1986) : Défense de la culture de l'arachide ; Document présente à la réunion d'évaluation du programme Arachide, ISRA - CNRA Bambey, 36p.
- BA, A. et al. (1987) : Les ennemis de l'arachide au Sénégal ; Document présenté au Symposium sur la lutte intégrée et la conservation de l'environnement ; Réunion annuelle et Conférence scientifique de l' AAIS/AAE – Dakar , 10p.
- EIOCKELEEE-MORVAN, A. (1988) -- Recherche agronomique sur l'arachide en Afrique. Défense des cultures et technologie In : Légumineuses à graines. Communication présentée au Séminaire organisé par la FIS, Madagascar, 22-27 février 1988 – De marly, Y. (éd.), pp 65-76.
- CATTAN, P. (1996) : Contribution à la connaissance du fonctionnement d'un peuplement d'arachide (*Arachis hypogea* L.) ; proposition d'un schéma d'élaboration du rendement ; Thèse de Doctorat, Institut National Agronomique Paris Grignon, p8.
- Clavel , D. et Gautreau, J.(1997) : La sélection récurrente appliquée à l'amélioration de l'adaptation à la sécheresse de l'arachide, Arachide – Infos n°8, pp 30-31.
- CLAVEL, D. (1998) – Amélioration génétique de l'adaptation à la sécheresse de l'arachide. Quatrième rapport scientifique (période de mai 1997 – avril 1998). ISRA-CNRA, Bambey, pp 54-57.
- CLAVEL, D. (1998) : Amélioration génétique de l'adaptation à la sécheresse de l'arachide, quatrième rapport scientifique (mai 1997), ISRA – Bambey, p.9.
- DIENER, U.L. et DAVID, N.D. (1986) : Biology of Aspergillus; Proceedings of workshop, El Batta, Mexico, pp 22-26.

- FREUD, C. , FREUD, E. H ., RICHARD, J. , THEVENIN, P. (1997) : La crise de l'arachide au Sénégal : Bilan diagnostic (CIRAD), pp 1-4.
- GAYE, M. (1997) : Le phénomène du marché informel de l'arachide : le cas du Sénégal ; Arachide Infos n°7, pp 2-8.
- GILLIER, P. et SYLVESTRE, P. (1969) : L'arachide ; Collection Technique agricole et Production Tropicale, pp 16-22.
- KALFAOUI, J.L.B. (1988) – Approche de l'amélioration génétique de l'adaptation à la sécheresse des espèces cultivées en zone semi-aride. Application au cas de l'arachide (*Arachis hypogea* L.) destinée à la région sèche du Sénégal. Thèse de Doctorat, Université Paris-Sud, pp 67-68.
- PETTIT, R et al; (1984) :Les moisissures de l'arachide et contamination par l'aflatoxine, Texas A&M University, College Station, Texas, 9p.
- RAMANATHA RAO, V., and MURTY, U.R. (1997) – Botany – Morphology and Anatomy. In: The Groundnut Crop, pp 43-89.
- RICHARD-MOLAND, D. (1982) – Caractères généraux de la microflore des grains et graines et principales altérations qui en résultent. In: « Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. » J.L. (éd:) Tome 1, pp 254-290.

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

TEST D'EFFICACITE DE FORMULATIONS ET DOSES DE FONGICIDE-INSECTICIDE POUR LA PROTECTION DE SEMENCES D'ARACHIDES



LEGENDE

R : Répétition

I₁ : Infestation sol

I₂ : Infestation graines

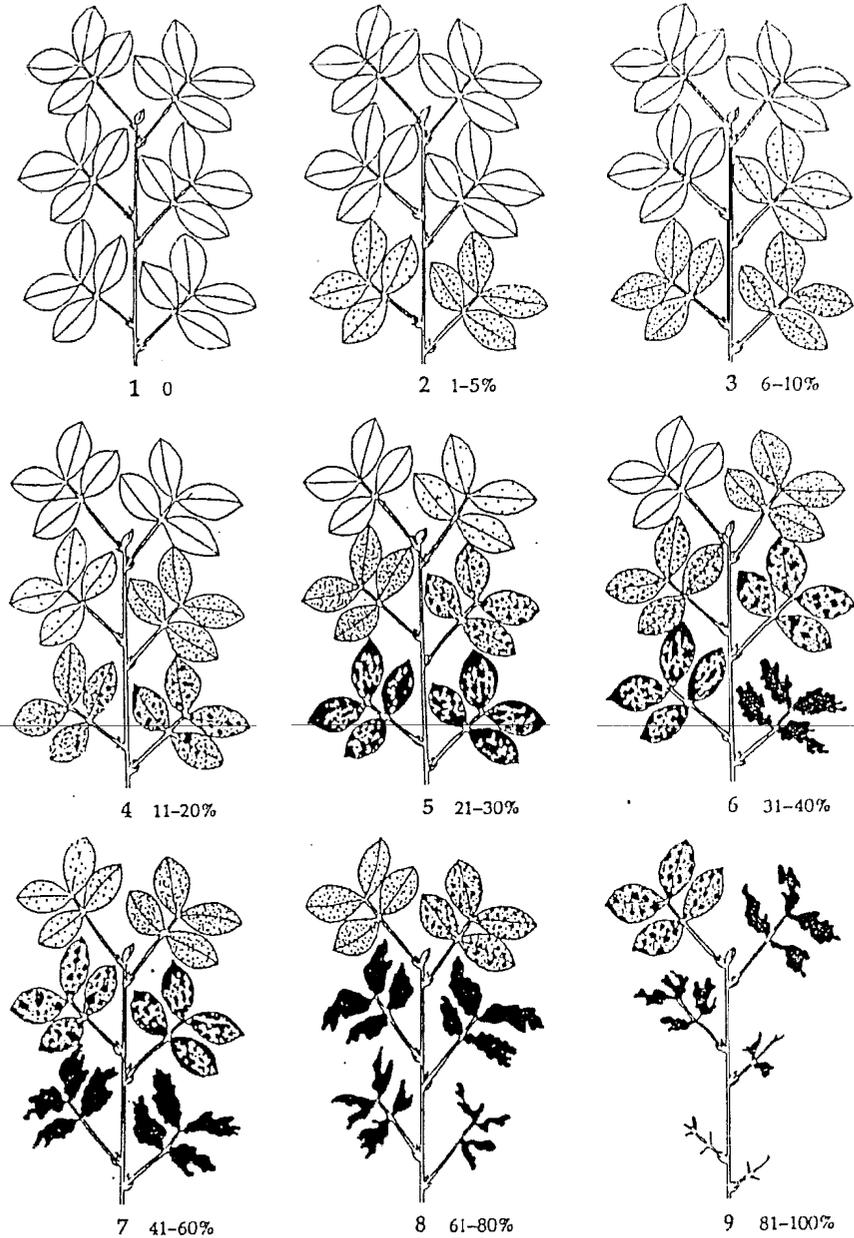
P₁ : Captafol (7%) – Benomyl (7%) – Carbofuran (10%)

P₂ : Chlorothalonyl (10%) – Benomyl (10%) – Carbofuran (10%)

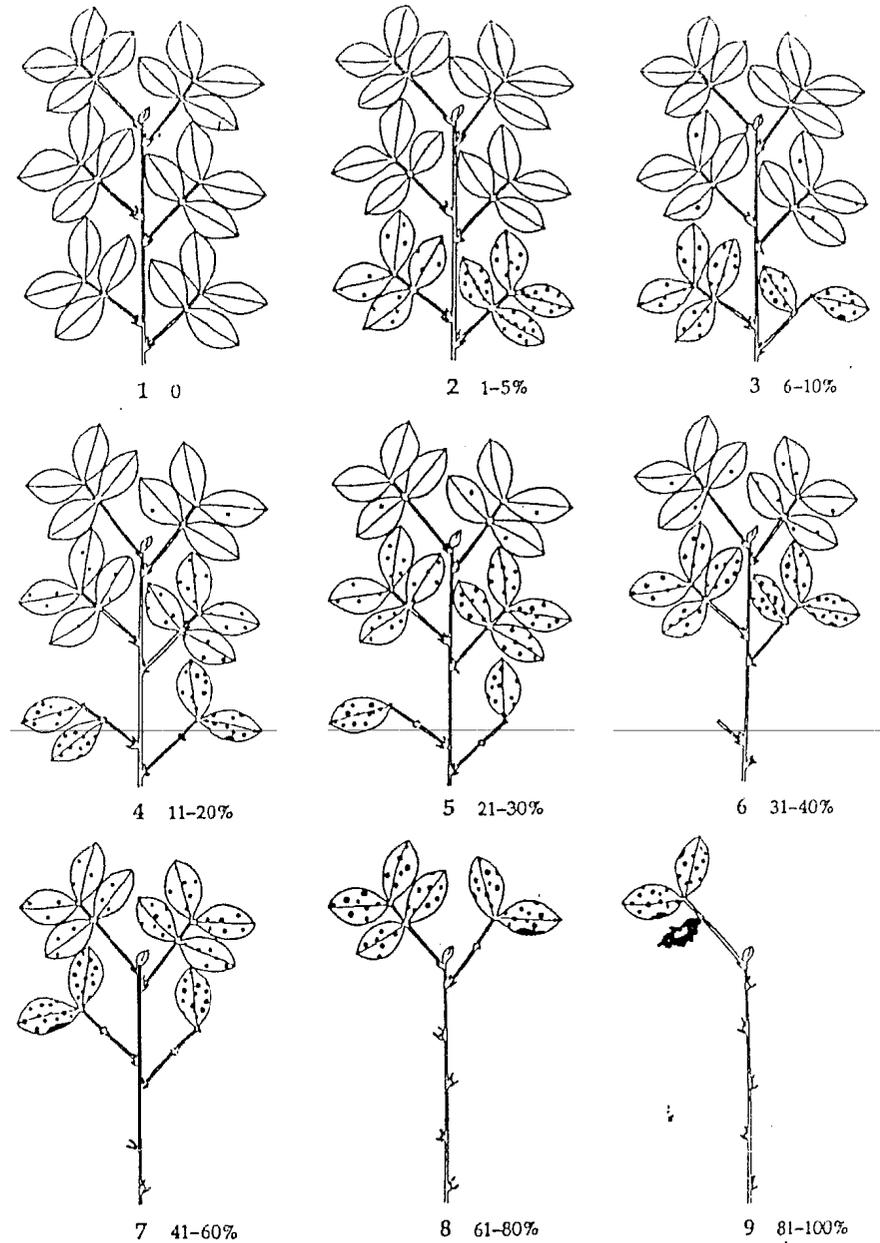
P₃ : Thiram (15%) – Benomyl (7%) – Carbofuran (10%)

TEMPERATURE MOYENNE

DATES	JAN	MAI	JUIN	JUILLET	AOUT	SEPT	OCT	NOV	DEC
1			32,2	29,1	23,6	26,5			
2			30,6	29,7	26,5	28,4			
3			31,7	30,1	26,8	28,6			
4			30,6	30,8	27,9	27,7			
5			30,4	29,9	27,6	29,3			
6			30,3	29,9	28,9	29,4			
7			30,2	28,5	28,8	29,4			
8			29,8	26	27,8	27,5			
9			28,7	28	27,7	31,9			
10			30,1	28,5	27,3	26,9			
TOTAL DECADE 1			302,6	290,5	272,9	285,6			
11			31,5	27,8	27,1	25,9			
12			30,6	28,7	29	28,1			
13			31	29	28,8	27,3			
14			27,9	27,1	26,7	28,8			
15			29,7	28,6	26,4	27,4			
16			29,3	28,9	28,2	28,9			
17			29,7	29	28	26,5			
18			30,5	29,1	28,4	27,9			
19			30,4	28,1	28,4	24			
20			30	27,4	26,5	27,4			
TOTAL DECADE 2			300,6	280,7	277,5	272,2			
21			28,9	28,6	27,3	28,3			
22			29,2	26,8	26,2	28,7			
23			30,4	28,1	28,2	27			
24			31,4	27,8	29	28,3			
25			26,6	29,5	28,2	28,7			
26			29,5	27,9	27,4	29,3			
27			32,1	26,4	28,3	27,2			
28			30,3	27,4	29,4	28			
29			25,8	28,3	25,5	29			
30			29,7	27,5	28,5	28,8			
31									
TOTAL DECADES									
TOTAL MENSUEL			293,9	304,4	307,2	283,3			
			897,11	875,6	857,6	841,1			



The modified 9-point scale for field evaluation of rust.



The modified 9-point scale for field evaluation of late leaf spot.