

258

517
Contrat CCE - ORSTOM n° TSI - 079 - F

INSECTES RAVAGEURS ET PARASITES DES LEGUMINEUSES A GRAINES EN AFRIQUE DE L'OUEST

(Cultures et stocks)

Rapport Scientifique final

Projet CCE 1985 à 1987
Programme légumineuse 1981 à 1987



Coordonnateur : A. POLLET , Entomologiste

Participants: MM. C. FAUQUET et J.C. THOUVENEL , Phytovirologistes
MM. S. SAVARY et S. DIGBEU, Phytopathologistes

Associés: MM. C. DECLERT et J.C. GEIGER, Phytopathologistes
M WIEGANDT, Chimiste

φ+6
YAV. P. C. A. φ-1
POL

H2 73493
2ap f8i

F 41444

Avant propos

L'importance des légumineuses dans l'économie mondiale n'est plus à démontrer actuellement. Fourrages, engrais verts, productions d'huiles végétales, tourteaux pour les élevages, compléments ou remplacements des protéines animales dans l'alimentation humaine, telles sont quelques unes des utilisations courantes de ces plantes.

Les surfaces consacrées dans le monde tout particulièrement aux cultures de soja, de niébé et d'arachide augmentent d'année en année. Certains auteurs péchant sans doute ici par excès de pessimisme, de réalisme ou de prudence estiment cependant que les mises en place de ces cultures se font parfois un peu trop vite et de manière quelque peu anarchiques. Les nécessaires recherches d'accompagnement seraient ainsi trop souvent négligées voire même complètement oubliées pour certaines.

Ces différentes constatations déjà exposées précédemment (Pollet 1981 et années suivantes) sont également explicitées dans de très nombreux ouvrages tels le "Tropical pulses" de SMARTT (1970), le "Tropical grain legumes" (Collectif, 1981) ou encore le "Pests of grain legumes" de Singh et al., (1978).

Les insectes ravageurs et diverses maladies virales ou fongiques constituent, en zone tropicale, avec les adventices, l'un des facteurs de réduction les plus importants de la production des légumineuses alimentaires. Les pertes qu'ils provoquent pendant les phases de cultures puis ensuite, durant les stockages peuvent être importantes et parfois même hypothéquer en partie la future récolte. Ce bilan négatif marque le soja et plus encore le niébé dans la plupart de leurs localisations tropicales. L'arachide subit également les pressions majeures de plusieurs maladies, la rouille, la cercosporiose ou la rosette, ainsi que de divers arthropodes, les iules et termites. Les références bibliographiques correspondantes sont particulièrement abondantes.

Ces données notables en Côte d'Ivoire ont déterminé la mise en place dans ce pays dès 1981, d'un Programme de recherches multidisciplinaires confié à trois laboratoires de l'ORSTOM: Entomologie agricole, Phytopathologie et Phytovirologie. Ces études, devaient ensuite, à partir de 1985, être reprises puis approfondies dans le cadre du Projet CCE n° 0-179 - F.

Chaque laboratoire utilise des techniques d'étude souvent très spécifiques. Bien que les buts poursuivis par chacun soient fondamentalement les mêmes, les niveaux d'études ainsi que les méthodes d'approche respectives diffèrent, parfois très fortement. Par suite les travaux exécutés et les résultats obtenus par les uns et par les autres au cours de la période contractuelle, sont exposés ici dans trois parties distinctes.

Coordonnateur: A. POLLET
(Laboratoire d'Entomologie Agricole)
Centre ORSTOM d'Adiopodoumé,
BP V.51 Abidjan, Côte d'Ivoire

Contribution au Projet de recherches sur les insectes ravageurs
et parasites des légumineuses à graines en Afrique de l'Ouest

1. Les Arthropodes ravageurs des cultures et des stocks des légumineuses à graines. Problèmes des aflatoxines sur stocks d'arachide.

A. Pollet (1); C. Declert (2); W.Wiegandt (3); J. Harkema (4) & E. Van de
Lisdonk (5).

(1) Chargé de Recherches, Laboratoire d'Entomologie, Centre ORSTOM d'Adiopodoumé,
BP V 51 Abidjan

(2) Directeur de Recherches, Laboratoire de Phytopathologie Centre ORSTOM
d'Adiopodoumé, BP V 51 Abidjan.

(3) Ingénieur Chimiste GTZ, Laboratoire Nutrition Animale d'Abidjan, BP 353 Abidjan.

(4 et 5) Etudiants Technologie alimentaire, Université Agronomique de Wageningen, Pays
Bas

1987

Position du Problème

L'arachide (*Arachis hypogea*) demeure, aujourd'hui pratiquement la seule légumineuse qui est utilisée couramment en Côte d'Ivoire pour les assolements villageois. Avec une production nationale qui peut varier de 50 à 100.000 tonnes de coques par an, cette plante fournit également l'essentiel des graines de légumineuses produites puis stockées dans le pays (POULAIN, *in litteris* - cité par POLLET (1984). Les cultures d'arachide conservent en milieu paysan un caractère artisanal. Traditionnellement réservé aux femmes dans quelques régions du pays, ce secteur de production continue d'utiliser des techniques culturelles peu élaborées. Les semences "préférées" par les paysans correspondent le plus souvent à des mélanges hétérogènes de variétés locales, rustiques mais peu productives. Les ravageurs des cultures sont assez nombreux et les rendements obtenus restent faibles. Les exploitations sont de tailles généralement réduites, en moyenne 0,8 hectare par domaine, et produisent rarement plus de 800 à 900 kilogrammes de coques à l'hectare. Les pertes moyennes observées ensuite durant les stockages sont souvent appréciables.

Le niébé (*Vigna unguiculata*) et les pois bambarras (*Voandzeia subterranea*) autres légumineuses traditionnelles des régions de savane, ne représentent actuellement en Côte d'Ivoire que des productions très marginales. Les rendements obtenus par les producteurs de niébé (12 % des paysans), ou de pois bambarras (7% de ces producteurs) ne dépassent jamais 400 à 800 kilogrammes de graines à l'hectare (données d'Enquêtes 1985-1987). Ces deux plantes, sont en fait difficiles à cultiver de manière rentable. Originaires l'une et l'autre d'Afrique et donc de fait particulièrement bien adaptées au pays, elles possèdent également toutes deux, de multiples ravageurs très actifs (Pollet, 1982 ; 1984 et 1985), qui vont pratiquement interdire le développement de cultures productives sans la mise en place au préalable d'une couverture chimique conséquente. L'obtention de hauts rendements est impossible à moindres coûts et la conservation des stocks pose par ailleurs des problèmes actuellement peu solubles. Les paysans qui considèrent généralement ces deux légumineuses comme des sortes de condiments, les cultivent dans des parcelles proches des cases et de petites tailles: en moyenne 1500 à 2000 m² par famille

Selon les plans établis il y a quelques années par le Développement, une quatrième légumineuse, le soja, aurait dû dès 1984 fournir une part importante des productions vivrières des zones de savanes. Des efforts de recherche conséquents et des moyens considérables furent consacrés à ce but, de 1981 à 1983. Actuellement les problèmes entomologiques et variétaux liés à cette spéculation restent dans l'ensemble non résolus. Les seules variétés actuellement disponibles, mal adaptées aux conditions du pays, produisent aussi très peu. Les techniques culturelles les mieux appropriées restent également à définir.

Les cultures paysannes de soja sont encore assez rares en Côte d'Ivoire. Les petits producteurs demeurent réticents devant cette nouvelle plante.

Les résultats obtenus pour les *voandzeia* restent aujourd'hui trop fragmentaires pour pouvoir donner lieu à la moindre interprétation. Par suite nous ne considérerons ici que l'arachide, le soja et le niébé, plantes pour lesquelles des données importantes ont pu être rassemblées de 1981 à 1987.

Après une présentation rapide des plantes étudiées et de leurs caractéristiques phénologiques (Chapitre I), les principaux ravageurs des cultures et des stocks seront étudiés de manières comparées (Chapitre II). Enfin, dans le cadre d'un nouveau Chapitre (III) une attention toute particulière sera également accordée aux problèmes divers que peuvent poser les contaminations par aflatoxines des stocks villageois d'arachide.

Avant propos	2
Position du problème	4
I. Les plantes étudiées et leurs cultures. Rappels de données connues	7
1.1 INTRODUCTION	7
1.2. GENERALITES ET MILIEUX ETUDIES	7
1.3. LE SOJA - <i>Glycin max</i> (L.) ("soybean" - G.B.)	10
1.4. LE NIEBE - <i>Vigna unguiculata</i> (L.) Walp. ("cowpea" - G.B.)	14
1.5. L'ARACHIDE - <i>Arachis hypogea</i> (L.) ("groundnut" - G.B.)	17
1.5. CONCLUSIONS	20
II. Caractérisation des faunes observées en Côte d'Ivoire sur soja, niébé et arachide (cultures et stocks)	21
2.1. INTRODUCTION	21
2.2. MATERIELS ET METHODES	21
2.2.1. Généralités	
2.2.2. Cultures et stocks suivis en Côte d'Ivoire	
2.2.3. Méthodologies utilisées	
2.3 RESULTATS ET DISCUSSIONS	25
2.3.1. Ravageurs sur semis et plantules	
2.3.2. Ravageurs de début de végétation	
2.3.2.1. Les pucerons	
2.3.2.2. Les Jassides	
2.3.3. Les ravageurs défoliateurs	
2.3.3.1. Généralités	
2.3.3.2. Les Coléoptères	
2.3.3.3. Les Lépidoptères défoliateurs	
2.3.4. Les ravageurs des fleurs et des bourgeons floraux	
2.3.4.1.. Généralités	
2.3.4.2. Les Thrips	
2.3.4.3. Les Lépidoptères foreurs de fleurs	
2.3.5. Les ravageurs des gousses et des graines, avant récolte	
2.3.5.1.Généralités	
2.3.5.2. La faune du soja	
2.3.5.3. La faune du niébé	
2.3.5.4. La faune de l'arachide	
2.3.6. Les ravageurs des stocks de gousses et graines	
2.4. CONCLUSIONS	40
III. Les aflatoxines sur stocks villageois d'arachide	43
3.1.INTRODUCTION	43
3.1.1 Généralités.	
3.1.2 Déterminisme des infestations par aflatoxines	
3.1.3. Cultures et stockages de l'arachide en milieux traditionnels	

3.1.4. Les insectes et les aflatoxines	
3.1.5. Méthodes de protection des stocks (contre les insectes, les champignons et les toxines)	
3.2. METHODOLOGIE	46
3.2.1. Techniques d'échantillonnages	
3.2.2. Extractions et dosages (HPLC) des aflatoxines	
3.3. RESULTATS ET DISCUSSIONS	51
3.4. CONCLUSIONS	61
IV. Conclusions générales et perspectives d'avenir	73
V. Remerciements	74
VI. Bibliographie	75
6-1. TRAVAUX REALISES DANS LE CADRE DU PROJET.	75
6-2. TRAVAUX CITES AU COURS DE L'EXPOSE.	76

I. Les plantes étudiées et leurs cultures. Rappels de données connues

1.1 INTRODUCTION

L'acquis de connaissances sur les caractéristiques des plantes ainsi que sur leurs cultures, est absolument essentiel pour la compréhension de certains des mécanismes qui règlent le fonctionnement des populations de ravageurs

Les cycles phénologiques respectifs fournissent notamment des points de repère précieux permettant une meilleure approche de la faune. Les études comparatives entre les fluctuations d'insectes, observées d'un cycle à l'autre pour une même culture ou pour des cultures de légumineuses distinctes deviennent aussi de la sorte plus faciles

Les fiches techniques données maintenant doivent donc être considérées, dans cette optique particulière, comme des outils permettant une optimisation des études consacrées aux insectes et aux autres arthropodes ravageurs du soja, du niébé et de l'arachide.

1.2. GENERALITES ET MILIEUX ETUDIES

Située entre 4°30' et 10°30' de latitude Nord (figure 1.2.1.), la Côte d'Ivoire connaît des climats chauds qui font la transition entre les climats équatoriaux humides et les climats tropicaux secs. La zone tropicale se caractérise par des températures moyennes qui restent élevées toute l'année. L'humidité relative de l'air ambiant peut varier selon les régions et également selon les saisons considérées. Les climats tropicaux secs sont à courte saison des pluies, ils permettent de récolter les grains déjà bien séchés puis de pouvoir les conserver pendant 6 à 8 mois sans risque particulier de réhumidification. Les climats tropicaux humides se caractérisent par de fortes pluviométries réparties sur 8 à 10 mois. Ils se révèlent beaucoup moins favorables pour la conservation des denrées. Ils favorisent généralement la prolifération de diverses moisissures et rendent ainsi plus difficile et surtout plus long le séchage naturel des récoltes.

En Côte d'Ivoire on peut définir quatre zones climatiques principales (Atlas de Côte d'Ivoire, 1979)

1. Le "sud" du pays qui connaît quatre saisons: une grande saison des pluies (de avril à mi-juillet); une petite saison sèche (de mi-juillet à mi-septembre); une petite saison des pluies (de mi-septembre à novembre) et une grande saison sèche (de novembre à avril) (fig.1.2.2.a);

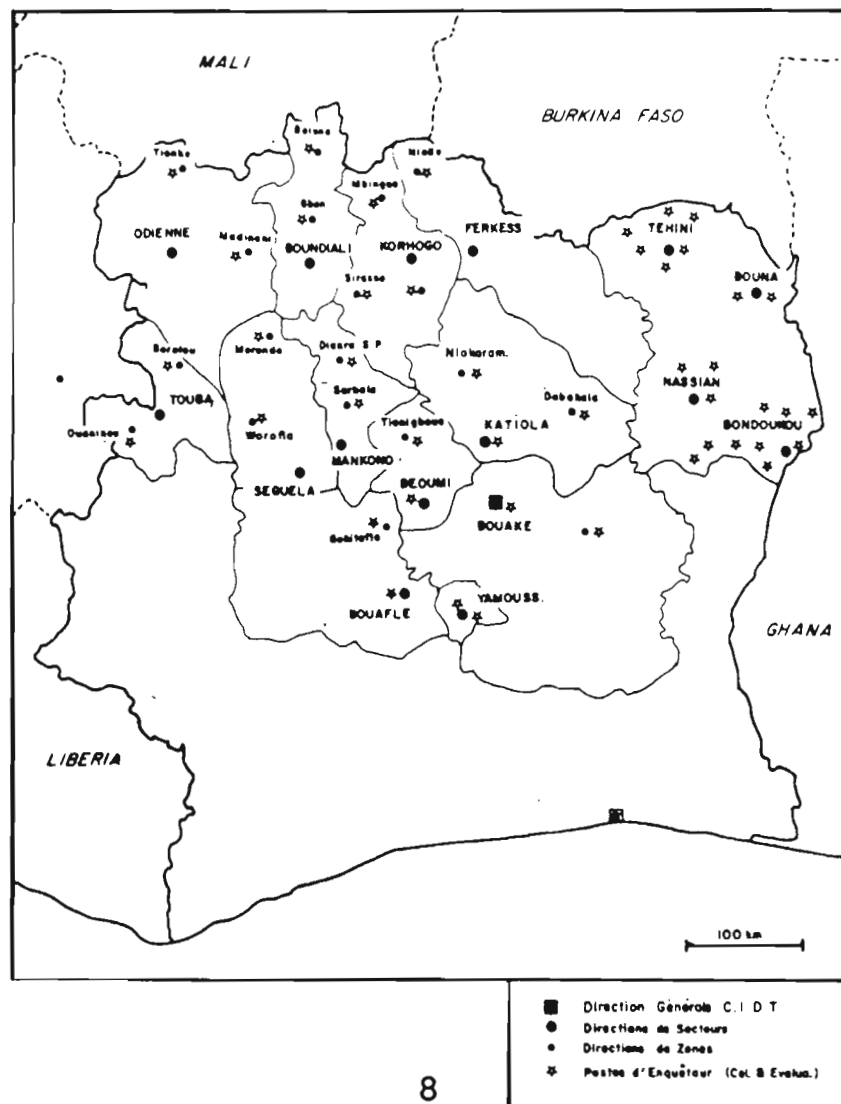
2. Le "centre" annonce le type climatique à deux saisons . Une saison sèche principale de 5 à 6 mois (de novembre à mars) déjà plus accentuée se trouve suivie par une longue période pluvieuse que caractérisent deux maxima pluviométriques. Le premier apparaît en juin et le second en septembre; mais le plus souvent les précipitations du mois d' août demeurent relativement importantes et ce mois ne peut finalement pas être qualifié de "sec" (fig.1.2.2.b);

3. La région montagneuse de Man, dans l'ouest du pays, présente, à latitude égale, une pluviométrie annuelle beaucoup plus importante que celles de Bouaké et de Bondoukou: en fait seuls les mois de décembre et de janvier sont peu pluvieux (fig.1.2.2.c).

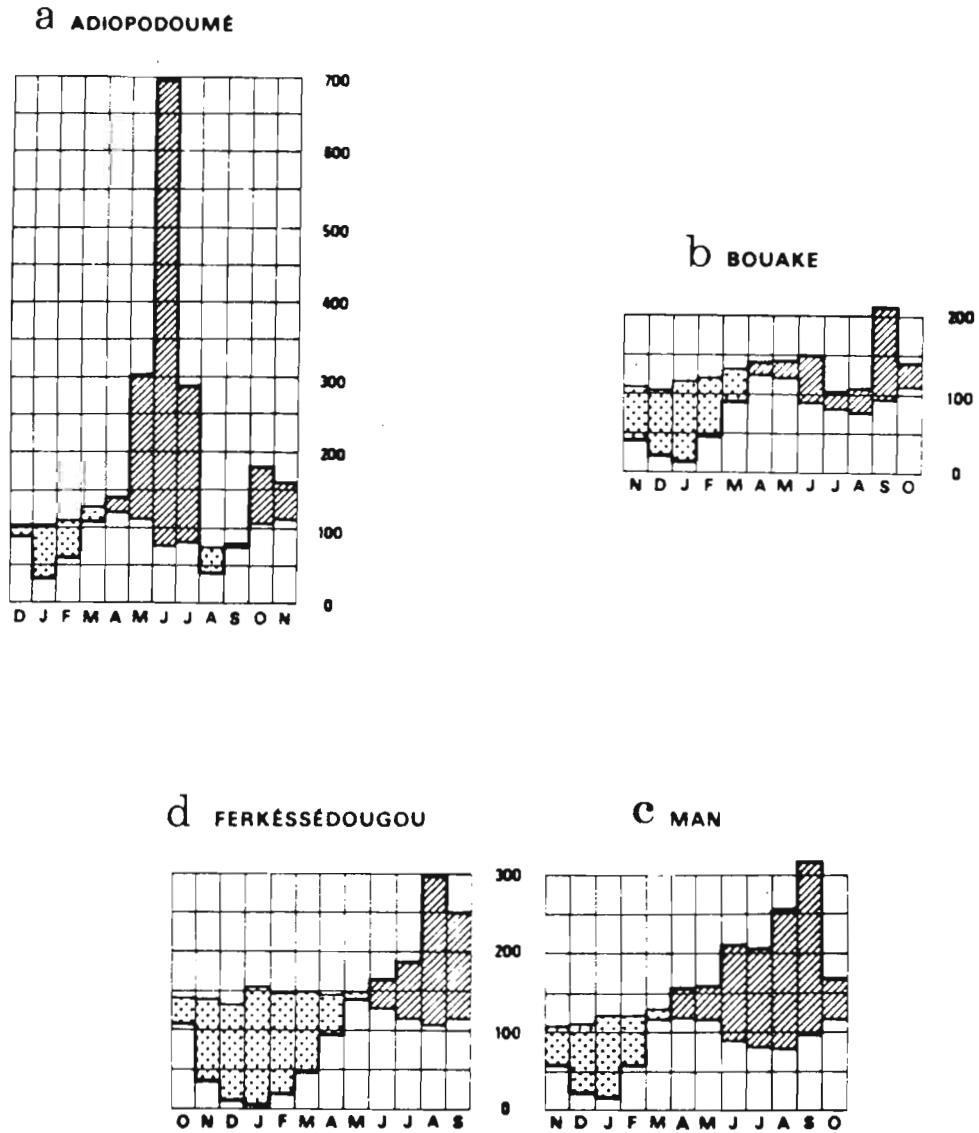
4. Le "Nord" se caractérise cette fois par deux saisons bien tranchées: la saison des pluies qui s'étend de juin à septembre avec un maximum de précipitations en août; et la saison sèche qui se marque par de faibles pluies, localisées de décembre à février (fig.1.2.2.d).

Ces divisions climatiques permettent de différencier les grandes zones culturelles.. Elles influent également, nous le verrons, sur l'ampleur et sur la nature des divers problèmes qui se peuvent se poser aux agriculteurs, pendant les cultures et surtout ensuite durant les stockages.

Figure 1.2.1. Zone arachidières de Côte d'Ivoire développées dans toutes les régions de savane du pays et découpage administratif correspondant défini par la Compagnie Ivoirienne des Textiles (CIDT). Localisations géographiques des divers Enquêteurs (Réseau R & D. CIDT). Une étoile pleine marque la position du Centre ORSTOM d'Adiopodoumé (selon Pollet et al., 1987).



Figures 1.2.2.: Déficit et excédents hydriques mensuels moyens, mesurés à: (a) Adiopodoumé (Sud); (b) Bouaké (Centre); (c) Man (Ouest); et (d) Ferkéssédougou (Nord) (Atlas de Côte d'Ivoire, 1979).



1.3. LE SOJA - *Glycin max* (L.) ("soybean" - G.B.)

Venant d'Asie où elle serait connue et utilisée depuis près de 5000 ans, cette plante se rencontre aujourd'hui dans le monde entier. Beaucoup de cultures demeurent cependant peu importantes et actuellement les plus grandes zones productrices se situent surtout essentiellement aux U.S.A., au Brésil et en Chine.

Son introduction en Afrique est assez récente. Cependant quelques pays de ce continent, tels le Nigeria et le Sénégal lui ont déjà été consacrés quelques travaux importants (cités par Pollet, 1981a et 1982).

Les variétés disponibles sont fort nombreuses et finalement suffisamment diversifiées pour permettre la culture de cette plante sous les climats les plus variés, qui peuvent aller du tempéré froid au tropical humide. Les limites climatiques du soja seraient assez comparables à celles du maïs.

En fait dans l'absolu par suite d'une forte sensibilité à la photopériode, chaque variété n'est cultivable qu'entre des latitudes bien déterminées. Cette notion, qui serait capitale selon Williamson (1976) conditionne également le choix des lieux d'origine de toutes variétés susceptibles d'être introduites dans un pays donné.

Cette plante herbacée annuelle possède un intérêt économique évident. Ses utilisations possibles sont multiples. Certains sojas à port rampant sont recherchés plus particulièrement pour leurs qualités fourragères ou encore comme engrais verts. Toutefois dans la plupart des exploitations, les plantes utilisées, généralement à port bien érigé, sont plutôt cultivées pour la production des gousse vertes ou des graines vertes ou séchées selon les cas.

Le soja dont l'aspect évoque un peu une sorte de haricot nain, possède certaines caractéristiques physiologiques remarquables que r appelle le tableau 1.3.1 donné ci-après.

Tableau 1.3.1. : Caractéristiques propres du soja. Données selon Smartt (1976), Williamson (1976) et le Collectif de la M.A.C. (1980)

Type	- plante herbacée annuelle
Port	- rampant ou érigé, selon les choix de cultures
Hauteur	- de 0,3 à 1,0 mètre en moyenne, selon le port et selon également le degré de précocité des plantes.
Ramifications	- nombreuses et à feuillages denses et épais.
Feuilles	- alternes et trifoliées avec des folioles bien plus grandes que celles de l'arachide ; - de couleur vert claire et à très forte pubescence.
Fruits	- gousses plus ou moins déhiscentes en zones tropicales ; - d'une taille pouvant varier de 3 à 11 cm ; - et très fortement pubescente.
Graines	- petites et ovales et en fait de couleur et de taille variables selon les variétés considérées ; - au nombre de deux à trois par gousse.
Sensibilité notable	- photopériode
Ennemis	- essentiellement les insectes ; - et selon les cas parfois les champignons, les virus, les bactéries et même les nématodes.

La caractérisation du cycle phénologique du soja a donné lieu à divers travaux. Les schémas proposés par les auteurs sont nombreux. Toutefois actuellement une certaine unanimité paraît s'établir autour du tableau construit par Fehr et Caviness (1977). Kogan et Herzog (1980) de même qu'un ouvrage collectif édité par la Mission d'Aide et de Coopération Française (M.A.C., 1980) en recommandent ainsi très particulièrement l'usage. Ce tableau, qui est d'une construction assez simple, distingue deux grandes périodes importantes qui correspondent aux phases végétatives, notées "V" et reproductives notées "R" (voir tableau 1.3.2).

Tableau 1.3.2. : Description phénologique du soja, d'après Fehr et Caviness (1977), citée par Kogan et Herzog (1980).

Stage	Abbreviated stage title	Description
Vegetative Stages		
VE	Emergence	Cotyledons above the soil surface
VC	Cotyledon	Unifoliolate leaves unrolled sufficient so the leaf edges are not touching
V1	First-node	Fully developed at unifoliolate nodes
V2	Second-node	Fully developed trifoliolate leaf at node above the unifoliolate nodes
V3	Third-node	Three nodes on the main stem with fully developed leaves beginning with the unifoliolate nodes
V(n)	nth-node	"n" number of nodes on the main stem with fully developed leaves beginning with the nodes. n can be any number beginning with I sfor VI, first-node stage.
Reproductive Stages		
R1	Beginning bloom	One open flower at any node on the main stem
R2	Full bloom	Open flower at one of the two uppermost nodes on the main stem with a fully developed leaf
R3	Beginning pod	Pod 5 mm long at one of the four uppermost nodes on the main stem with a fully developed leaf
R4	Full pod	Pod 2 cm long at one of the four uppermost nodes on the main stem with a fully developed leaf
R5	Beginning seed	Pod 3 mm long at one of the four uppermost nodes on the main stem with a fully developed leaf
R6	Full seed	Pod containing a green seed that fills the pod cavity at one of the four uppermost nodes on the main stem with a fully developed leaf
R7	Beginning maturity	One normal pod on the main stem that has reached its mature pod color
R8	Full	Ninety-five percent of the pods that have reached their mature pod color. Five to ten days of drying weather are usually required after R8 before the soybeans have less than 15 percent moisture.

Cette nomenclature de Fehr et de Caviness (1977) s'adresse en fait surtout aux variétés à croissance dite "déterminée", variétés qui se caractérisent aussi essentiellement de la manière suivante :

- la floraison, qui débute généralement après que les plantes aient effectivement atteint leur hauteur maximale,
- affecte de manières synchrones tous les organes floraux de la tige principale. En d'autres termes, les fleurs ou les gousses trouvées sur cette tige principale, se marquent par des états de développement ou (et) des degrés de maturation absolument comparables.

Par opposition les variétés à croissance considérée comme "indéterminée" présentent des développements d'aspects plus anarchiques. Les stades "V" et "R" se recouvrent cette fois en partie ; la floraison, qui débute dans ce cas après que la plante ait réalisé la moitié au moins de son développement végétatif, affecte successivement tous les noeuds de la tige principale, depuis la base jusque vers le sommet. Concrètement alors que les gousses formées vers la base se trouvent déjà en phase de maturation, des jeunes fleurs continuent de s'individualiser vers les noeuds supérieurs.

Les variétés de type "indéterminé" correspondent aussi souvent à des variétés précoces par opposition aux plantes à développement dit "déterminé" qui marque généralement des sojas plus tardifs (Kogan et Turnispeed, 1980 et 1987).

Ces notions de détermination ou d'indétermination des cycles et, corrélativement, l'hétérogénéité structurale inérente à tout champ cultivé rendent parfois bien difficile la définition de l'état phénologique moyen d'une culture donnée. Des schémas plus simples que celui proposé par Fehr et Caviness peuvent donc s'avérer parfois nécessaires.

Dans le cadre de cette présente étude le descriptif "soja" que nous avons retenu pour la notation des insectes évoluant sur cette plante, ne distingue pas les différents stades végétatifs, confond les stades reproductifs R1 et R2 et pour le reste sépare les stades R3 à R8 définis selon les termes de la division retenue par Fehr et Caviness (tableau 1.3.2.). Nous en reparlerons plus loin.

Le soja est une plante intéressante pour la définition des assolements. La fixation de l'azote au niveau des nodules, caractéristique des légumineuses, permet d'enrichir le sol à partir des résidus de cultures qui subsisteront après les récoltes et qui seront aussi ultérieurement enfouis. Cette fonction de synthèse des substances azotées peut également se trouver renforcée à l'aide d'innoculations préalables des semences avec des *Rhizobium* spécifiques; cette opération souvent recommandée lors de la première mise en culture d'un champ, peut dépendre de certaines pratiques culturales et notamment de la nature des pesticides, des herbicides ou encore des engrais apportés en cours de culture. Des études de compatibilité ont été réalisées à ce sujet par plusieurs auteurs tels Chaudary et al. (1976) pour les Indes ; Sehane et al. (1974) pour les U.S.A. et enfin Williamson (1976) pour l'Australie.

Les recommandations d'ordre cultural sont multiples; Les auteurs insistent ainsi généralement sur l'importance d'une bonne préparation du sol, sur l'intérêt d'apporter certains engrais non azotés, sur les effets négatifs de la présence des adventices et enfin sur la nécessité d'assurer une irrigation suffisante durant quelques périodes de l'année.

Les densités de semis utilisées, se modulent en fonction de certains paramètres climatiques, agronomiques ou même économiques. Ils peuvent parfois exercer des actions prépondérantes sur les dynamiques des populations de ravageurs ainsi que sur le développement de plusieurs maladies du soja. Ces points sont tout particulièrement notés par Sprenkel et al. (1979) ou encore par Kogan et Turnispeed (1980).

Insister davantage sur les données particulières propres à la culture de cette légumineuse nous ferait sortir de notre propos. Les références qu'il est possible de trouver à ce sujet dans la littérature sont spécialement abondantes. Plusieurs fiches techniques relatives à cette plante sont disponibles pour la seule Côte d'Ivoire : fiche BETPA (1980) ; fiche CIDT (1980 à 1982) et fiche IDESSA, Département Vivrier (1977 à 1979).

Signalons que selon le Mémento de l'Agronome (M.A.C., 1980) la production moyenne du soja peut varier en Afrique de 500 à 1000 kg/hectare jusqu'à 3000 kg/hectare dans les conditions les plus favorables. D'autres chiffres quelque peu différents sont fournis par Williamson pour l'Australie (1976) : 2000 à 4000 kg/hectare en moyenne en culture irriguée et 1000 à 1750 kg/hectare en culture pluviale.

1.4. LE NIEBE - *Vigna unguiculata* (L.) Walp. ("cowpea" - G.B.)

Le lieu d'origine du niébé est très contesté. Le Mémento de l'Agronome (M.A.C., 1980) le situe avec certitude en Asie. Le Nigeria du nord, qui renferme pourtant actuellement l'essentiel des cultures mondiales de cette légumineuse, ne serait en fait dans cette optique qu'un centre de diversification très secondaire de *Vigna unguiculata* .

A l'opposé pour le Tropical grain legumes (1981) bien que beaucoup de *Vigna* spp soient effectivement originaires de l'Asie, le niébé serait sans doute plus spécialement une plante africaine. Le débat reste ouvert.

Le Nigeria, qui participe à lui seul pour près de 70 % à la production mondiale des graines de niébé, graines en fait destinées exclusivement à sa consommation intérieure, possède aussi en matière de recherches une position incontestable de leader. Ce pays consacre en effet, d'année en année, des budgets très importants à divers travaux de recherche (Pollet, 1982). La sélection variétale fait ainsi l'objet d'efforts très soutenus. Une certaine insensibilité à la photopériode, un port bien érigé, une floraison assez groupée, des graines de fortes tailles dans des gousses de préférence indéhiscentes sont ainsi généralement des caractères très recherchés pour la mise au point de nouvelles variétés : Singh (1973), Collectif I.I.T.A. (1977 et 1978), Collectif M.A.C. (1980). Des travaux analogues ont également été menés au Sénégal : Rapports IRAT de 1977 à 1979.

Les variétés intéressantes actuellement disponibles au Nigeria et au Sénégal sont nombreuses. D'aspects souvent bien diversifiés les cultivars les plus utilisés se distinguent les uns des autres par des variations notables au niveau de la forme ainsi que de la taille et de la couleur des graines. L'existence de sensibilités différentes aux températures et à la photopériode permet en outre de classer les plantes selon trois groupes : sensibles, peu sensibles et non sensibles. D'une manière générale le niébé est une plante finalement assez bien adaptée aux conditions sèches des zones soudano-sahéliennes. Ses exigences climatiques sont en effet relativement modérées ; pluies annuelles de 500 à 800 mm au minimum et températures moyennes de 25 à 28°C (selon le Collectif M.A.C., 1980).

Plante herbacée annuelle, le niébé se caractérise également par l'existence d'une fécondation autogame quasiment obligatoire. La fécondation croisée peut cependant se réaliser pour moins de 2 % des fleurs. Quelques caractéristiques physiologiques importantes peuvent encore être notées pour *V. unguiculata* (tableau 1.4.1).

Tableau 1.4.1. : Caractéristiques propres du niébé. Données selon Smartt (1976), Collectifs I.I.T.A. (1977 et 1978) et Collectif M.A.C. (1980).

Type	- plante herbacée annuelle
Port	- érigé ou rampant et plus ou moins buissonnant selon les variétés
Hauteur	- variable mais généralement moins de 1 mètre
Ramifications	- nombreuses et à feuillages denses et épais

Feuilles	- alternes et trifoliées - les folioles de formes ovales, sont glabres et d'aspect luisant
Fleurs	- grappes situées à l'aisselle des feuilles, initialement de 6 racèmes mais ne pouvant chacune conduire à maturité que le racème viable le plus inférieur : existence d'un phénomène d'abscission des fleurs, d'origine physiologique selon Djehomon (1968) - fleur de grande taille et de couleur blanche, jaune ou légèrement rosâtre selon les variétés
Fruits	- gousses très longues, glabres et d'aspect cylindrique - pouvant contenir jusqu'à 10 à 12 graines - à degr de déhiscence variable à maturité selon les variétés
Graines	- taille, forme, couleur et aspect très dépendants des variétés
Sensibilités notables	- trois groupes de sensibilités définis par rapport aux températures et à la photopériode (voir plus haut)
Ennemis	- les insectes représentent les ravageurs les plus dangereux - les maladies du niébé déjà répertoriées sont nombreuses et leurs incidences sur la production sont rarement négligeables.

Les cycles phénologiques du soja et du niébé possèdent de nombreux points communs. En fait les divisions définies par Fehr et Caviness (1977) pour le soja (tableau 1.3.2.) paraissent également pouvoir s'appliquer très directement au cas du niébé. Les schémas qui ont été retenus pour décrire en Côte d'Ivoire les deux cultures sont ainsi quasiment identiques (tableau 1.4.2.).

Les données culturales et agronomiques actuellement disponibles pour la culture du niébé en zones tropicales sont particulièrement nombreuses. Les références les plus intéressantes sur ce sujet correspondent, rappelons-le, à des travaux réalisés en divers endroits du Nigeria (Collectif I.I.T.A., 1977), (Pollet, 1982).

En cultures traditionnelles le niébé se rencontre surtout en association avec des maïs ou avec des sorghos. Le paysan qui considère généralement la céréale comme sa production principale, accepte les faibles rendements obtenus pour la légumineuse ; fréquemment moins de 400 kg/hectare. La présence d'insectes ravageurs trop nombreux, l'utilisation de variétés inadaptées et des pratiques culturales parfois bien déficientes, sont souvent retenus pour expliquer la faiblesse de cette productivité : Collectif I.I.T.A. (1977), Collectif M.A.C. (1981) et "Tropical grain legumes" (1981).

A l'opposé, en cultures pures des conditions satisfaisantes assurées au niveau de la densité des semis, de l'irrigation et de la fertilisation et conjointement une protection suffisante du niébé contre les dégâts des ravageurs, permettent d'obtenir des chiffres moyens de production qui peuvent approcher les 2 tonnes de graines par hectare.

Le contrôle des insectes ravageurs a donné lieu à de nombreux travaux. Les gains de production signalés par les auteurs sont parfois spectaculaires : rendements multipliés par deux pour Ayoade (1977 et 1978), ou par 6 ou par 9 pour Taylor (1967), et même par 10 à l'aide de traitements par U.L.V. selon Raheja (1976). Diverses études destinées à vérifier la compatibilité entre les pesticides proposés et les synthèses azotées des nodules ont également été menées. Harakly (1975) ou Dina et Medaivu (1976) fournissent ainsi des résultats très complets.

Tableau 1.4.2. : Transpositions du schéma de Fehr et de Caviness (1977), utilisé pour décrire les cycles des cultures de soja et de niébé suivies

Phases	Divisions de FEHR et de CAVINESS	Soja Côte d'Ivoire	Niébé Côte d'Ivoire
Végétatives	VE à VN	- tous stades végétatifs confondus - comptages uniquement du nombre des feuilles trifoliées de la tige principale	
Reproductives	R1 et R2	- stades R1 et R2 identifiés à la période de la floraison - comptages du nombre des fleurs de la tige principale	
	R3	A - gousses de moins de 2 cm de longueur sur la tige principale	A' - gousses de moins de 1 cm de longueur sur la tige principale
	R4	B - gousses de 2 à 3 cm de longueur sur la tige principale	A - gousse de 2 à 3 cm de longueur sur la tige principale
	R5	C - gousses de 3 à 4 cm de longueur sur la tige principale	B - gousse de 4 à 5 cm de longueur sur la tige principale
	R6	D - graines vertes et gousses de plus de 5 cm de longueur sur la tige principale	C - graines vertes et gousses de 8 à 9 cm de longueur sur la tige principale
	R7	E - graines mûres dans des gousses brun jaunes d'une taille proche de 6 cm de longueur sur la tige principale	D - graines de taille normale et en cours de maturation dans des gousses encore verdâtres de 12 cm de longueur et situées sur la tige principale
	R8	R7 et R8 confondus	E - graines mûres dans des gousses jaunâtres et sèches de 12 cm de longueur sur la tige principale

1.5. L'ARACHIDE - *Arachis hypogea* (L.) ("groundnut" - G.B.)

Originnaire des régions tropicales du continent américain *Arachis hypogea* se rencontre actuellement dans de très nombreux pays où elle constitue parfois une spéculation majeure. Première culture au Sénégal et au Nigeria (Pollet, 1982a et 1982b), son importance économique est également peu contestable pour les U.S.A. et pour le Brésil (Pollet, 1981a)

En fait l'extension de cette culture se trouve conditionnée par les besoins importants des plantes en eau, en température et en chaleur.

Des pluviométries annuelles de 400 à 1200 mm et des températures moyennes situées entre 24 et 33°C. seraient les conditions optimales les plus couramment citées. En deçà de 15°C et au-delà de 45°C la culture paraît devenir totalement impossible, les germinations se trouvent en effet complètement inhibées. En réalité les exigences de la plante se modulent différemment selon les divers stades de son développement phénologique. Les germinations puis la croissance des pieds d'arachide demandent des températures moyennes assez élevées. L'eau devient ensuite le facteur essentiel et sa présence dans le milieu en quantités suffisantes, conditionne impérativement la réalisation dans de bonnes conditions de la floraison puis de la fructification. Par contre la maturation des gousses ne peut se faire parfaitement que dans un sol relativement sec. Toutes ces données sont en particulier explicitées par le Pans Manual n° 2 (1973) ainsi que par Roche (1978) ou encore par l'ouvrage collectif de la M.A.C. (1980).

De multiples cultivars d'arachide sont actuellement disponibles sur le marché. Les sélections variétales ont été réalisées en fonction de divers paramètres climatiques et culturaux. Les finalités de la production sont également prises en compte; trois types d'*A. hypogea* sont ainsi distingués, les arachides à usages vivriers, les arachides industrielles pour la production d'huiles et de tourteaux et enfin les arachides dites "de bouche" utilisées en confiserie.

Les résistances particulières des plantes vis-à-vis des arthropodes, insectes et iules, ou des maladies telle en particulier la cercosporiose sont également des critères pris en considération dans les recherches de variétés nouvelles : Rapports annuels de l'IRAT (1977 et années suivantes), Pans Manual n°2 (1973) ou Singh et al. (1978).

Des critères morphologiques souvent précis permettent de distinguer les unes des autres les variétés les plus courantes. Plusieurs clés dichotomiques sont actuellement disponibles dans la littérature (Pans Manual n° 2, 1973). L'aspect et le port des plantes ; les caractéristiques particulières des gousses, couleur, taille, constrictions éventuelles entre les graines ; et enfin les données morphologiques propres des graines sont les éléments les plus couramment utilisés dans ces clés. L'usage du critère "longueur de cycle" aboutit également au classement des principales variétés selon trois groupes distincts :

- plantes hâtives à cycle court de 90 à 110 jours ;
- plantes intermédiaires à cycle moyen de 100 à 115 jours ;
- plantes tardives à cycle long de 120 à 140 jours.

Physionomiquement les arachides possèdent toute une série de points communs que rappelle le tableau 1.5.1. détaillé ci-après.

Tableau 1.5.1 : Caractéristiques propres de l'arachide. Données selon Smartt (1961 et 1976), Pans Manual n° 2 (1973) set Collectif M.A.C. (1980).

Type	- plante herbacée annuelle
Port	- rampant ou érigé selon les variétés
Hauteur	- variable mais souvent assez faible
Ramifications	- peu ramifiées ou buissonnantes et de type "alterné" ou "séquentiel" selon les cas (voir plus loin)
Feuilles	- alternes, stipuliées et quadrifoliées
Fleurs	- inflorescences ou grappes situées généralement à l'aisselle des feuilles et comprenant plusieurs fleurs qui évolueront successivement les unes après les autres ; - fleurs de taille moyenne, de couleur jaune et à fécondation de type cleistogame : pollinisation autogame réalisée avant ouverture de la fleur ; - après fécondation l'ovaire est introduit dans le sol par l'allongement de son gynophore
Fruits	- gousses indéhiscentes de taille, de forme et d'aspect variés selon les cultivars ; - maturation des gousses réalisée dans le sol entre 3 et 5 cm de profondeur
Graines	- au nombre de 2, 3 ou 4 par gousse - tailles, formes, aspects et couleurs très diversifiés selon les variétés
Ennemis	- actions prépondérantes sur la production, des maladies de l'arachide, provoquées par des champignons, des virus et des bactéries; - incidences économiques notables des insectes vecteurs de plusieurs viroses ; - gravités de certains dégâts portés aux gousses en cours de maturation dans le sol, par les iules, par les termites ou (et) par les larves de Tenebrionides ; - pertes importantes au niveau des seccos de séchage dues à plusieurs punaises. - Développement des moisissures <i>Aspergillus</i> spp sur des graines mal séchées après récolte. Risques "aflatoxines" (voir chapitre III)

L'existence pour *A. hypogea* de deux types possibles de ramifications complique fortement la description de son cycle phénologique.

Le début de la croissance se réalise en fait de manières identiques pour toutes les variétés. Après épanouissement des feuilles cotylédonnaires, l'axe principal commence à se développer, individualisant successivement au niveau des noeuds et donc en positions alternées, en moyenne six rameaux végétatifs primaires. A partir de ce stade, deux types d'évolution sont alors possibles.

- **Dans le développement dit de type "séquentiel"**, les inflorescences fixées à l'aisselle des feuilles se constituent tout le long de la tige principale et également au niveau de la plupart des noeuds n°2 à "n" des rameaux primaires. Les noeuds n° 1 portent quelques fois des rameaux secondaires mais le plus fréquemment donnent naissance à des fleurs ; ces dernières, dans ce cas, se forment souvent dans le sol à faible profondeur et à peu de distance de la base de la plante. Pour les variétés qui ont ce type de croissance, les ramifications secondaires restent assez rares et affectent surtout les derniers noeuds de chacun des rameaux primaires.

- **Pour le développement "alterné"**, deuxième type possible, l'évolution des premiers rameaux végétatifs apparaît différente. Pour chacun d'eux, en effet, les deux premiers noeuds vers la base, notés n°1 et n° 2, vont porter rapidement des ramifications secondaires ; les deux noeuds suivants, n° 3 et n° 4, au contraire se trouvent individualisés assez vite par des inflorescences bien constituées ; les deux noeuds qui viennent ensuite, n° 5 et n° 6, se marquent à nouveau par des rameaux et ainsi de suite pour le reste des noeuds. Cette alternance régulière de rameaux secondaires et de fleurs constitue la caractéristique essentielle de cette croissance dite "alternée". Par opposition au type précédent cette forme de développement se marque également par la présence d'une tige "principale" toujours dépourvue de fleurs et donc par nature "stérile".

Quoiqu'il en soit la définition pour l'arachide d'un schéma phénologique moyen ne semble guère aisée. De surcroît certains paramètres culturaux, variétaux et mêmes régionaux apparaissent également susceptibles de modifier le déroulement du cycle normal. Les phases de la croissance végétative et de la floraison s'interpénètrent et se chevauchent de manières complexes.

D'après le Pans Manual n° 2 (1973) la différenciation entre les cultivars, établie sur les plans botanique et physiologique se retrouve identiquement au niveau des caractéristiques agronomiques et culturelles des arachides.

Les travaux consacrés à la culture de l'arachide sont nombreux et diversifiés. De multiples indications et conseils techniques figurent par exemple dans le Pans Manual n° 2 (1973) ainsi que dans les rapports annuels de l'IRAT de 1977 à 1979. Les travaux de Roche (1978), de Gillier (1978) ainsi que l'ouvrage collectif édité par la M.A.C. (1980) doivent aussi être signalés ici. Ces différents auteurs insistent spécialement sur l'importance de bien choisir les densités et les dates de semis, de pouvoir cultiver sur des sols bien drainés et bien aérés, d'utiliser des techniques culturales adaptées pour la création et pour l'entretien des cultures, d'assurer une fertilisation appropriée et de mettre en place si nécessaire une irrigation suffisante.

La production moyenne de l'arachide peut varier de 1000 à 1500 kg de coques par hectare. Fonction du climat, des conditions de cultures et des caractéristiques propres de la variété utilisée ; le rendement obtenu en graines, après décorticage, peut représenter de 65 à 73 % du poids des gousses (selon le Collectif M.A.C., 1980).

Les altérations des arachides stockées par des champignons, généralement des *Aspergillus* spp., peuvent avoir de graves conséquences pour les consommateurs. Le cas le plus connu est constitué ici par *Aspergillus flavus*. L'activité de cet agent pathogène se traduit rapidement par l'apparition dans les graines atteintes, de métabolites toxiques, les aflatoxines. Ces substances, qui lors des extractions ne passent pas dans les huiles mais se concentrent dans les tourteaux, seraient particulièrement vénéneuses. Aux Indes, Krisshnamachari et al. (1975) attribuent à ces toxines les morts de plus de 100 personnes qui furent constatées dans un village vers 1974, après accidents hépatiques préalables. En Angleterre durant 1970, des tourteaux d'arachide contaminés

par *A. flavus* et utilisés dans des élevages de volailles auraient également provoqué la destruction complète d'un élevage de plus de 100.000 dindonneaux. Ces accidents spectaculaires liées à une consommation importante et immédiate de quantités appréciables de graines altérées, restent assez rares. Selon Lacey et al. (1980) le danger réel se situe à un tout autre niveau. Pour ces derniers auteurs la présence de manières répétées dans l'alimentation humaine, de quantités faibles, voire même infimes, d'aflatoxines pourrait conduire à terme vers :

- une certaine diminution de l'espérance de vie
- l'induction de certains cancers,
- un ralentissement de croissance pour les jeunes enfants,
- et l'apparition de stérilités plus ou moins marquées pour les adultes.

Ces conséquences négatives se trouveraient en outre très fortement amplifiées pour des populations affaiblies par la malnutrition, ou par la sous alimentation, ou encore par suite de quelque(s) maladie(s) plus ou moins endémique(s) .

L'existence de stocks d'arachides contaminées très faiblement par l'aflatoxine peut poser certains problèmes en matière d'éthique commerciale, mais ceci est une autre question. Ce problème des aflatoxines sur stocks villageois d'arachide sera traité plus longuement dans le cadre du Chapitre III de ce Mémoire.

1.6. CONCLUSIONS

Par opposition à l'arachide que singularise toute une série de faits botaniques et physiologiques assez particuliers, le soja et le niébé sont en fait des plantes apparemment assez proches l'une de l'autre.

Toutes deux possèdent ainsi des cycles phénologiques assez comparables. Le schéma de Fehr de Caviness (1977) défini pour le soja peut se transposer relativement facilement au cas du niébé ainsi que nous l'avons montré plus haut. Sur le plan physiologique les similitudes existantes entre les deux plantes sont finalement peut-être plus nombreuses que les différences., certaines variétés de niébé sont ainsi , aussi sensibles à la photopériode que peut l'être le soja. Toutefois sur le plan cultural le niébé paraît néanmoins être une légumineuse moins exigeante et sans doute plus souple et plus rustique que le soja.

Cette identité relative entre *G. max* et *V. unguiculata* se retrouve au niveau des problèmes phytosanitaires. Dans les deux cas les dégâts les plus importants sont dûs en tout premier lieu aux multiples insectes qui vivent sur les végétaux. Les maladies cryptogamiques, bactériennes et virales ne sont pas inexistantes mais en général les actions qu'elles exercent sur la production demeurent plus faibles que celles des ravageurs. Ces deux plantes se caractérisent également par l'existence de multiples ravageurs communs (Pollet, 1981a). Cette présente étude se propose d'ailleurs, entre autres choses, de vérifier si cette similitude partielle entre les faunes du soja et du niébé notée dans différentes régions du monde peut aussi se retrouver en Côte d'Ivoire.

L'arachide possède par contre des particularités bien différentes. Cette fois les pertes de récolte les plus notables sont provoquées par les multiples maladies de la plante. Les actions des insectes et des autres arthropodes ravageurs restent généralement assez moyennes. *Arachis hypogea* se marque aussi par beaucoup d'autres caractères originaux déjà cités plus haut. La structure remarquable des fleurs avec soudures partielles de certains organes ; la présence d'un gynophore dont l'allongement permettra d'introduire dans le sol les ovaires fécondés ; corrélativement la maturation souterraine des gousses ; et enfin les modalités de la croissance végétative avec ses deux types possibles de ramifications sont autant de points qui différencient nettement cette plante des deux légumineuses précédentes.

II. Caractérisation des faunes observées en Côte d'Ivoire sur soja, niébé et arachide (cultures et stocks)

2.1. INTRODUCTION

Les faunes d'insectes inféodés aux légumineuses sont souvent importantes. Les plantes entretiennent avec leurs hôtes des relations particulières, relations qui peuvent ainsi se traduire par des phénomènes de co-évolutions plantes-insectes avec apparition de faunes de ravageurs spécialisés. Ces plantes contiennent en effet fréquemment des substances chimiques secondaires dites allélochimiques (Labeyrie, 1981) qui peuvent se révéler toxiques pour des consommateurs non préparés. Cette caractéristique restreint de fait le champ des utilisateurs potentiels et implique également une certaine adaptation des ravageurs à leur(s) plante(s) hôte(s).

Dans la réalité, ce barrage chimique n'est pas toujours aussi rigoureux et certains insectes peuvent se nourrir et se développer simultanément sur diverses espèces végétales parfois très distinctes sous les doubles aspects morphologique et botanique. Ainsi les bruches *Caryedon serratus*, qui vivent sur l'arachide, se rencontrent également en grands nombres sur plusieurs légumineuses arbustives des zones de savanes tropicales telles *Piliostigma thoningii*, *Tamarinus indicus*.

L'arachide paraît en fait assez mal protégée chimiquement. *Arachis hypogea* de même que d'autres légumineuses à fructifications hypogées telles *Kerstingiella geocarpa* ou *Voandzeia subterranea*, se caractérise en effet généralement par de faibles teneurs en substances allélochimiques (Applebaum, 1964) (in Labeyrie, 1981).

Le soja et le niébé également peu toxiques possèdent de nombreux insectes communs que l'on peut aussi retrouver sur l'arachide. Les données bibliographiques disponibles le prouvent abondamment (Pollet, 1981 et 1982).

Par suite, les faunes de ravageurs qui ont été suivies en Côte d'Ivoire pour les trois plantes, de 1981 à 1987, sont présentées ici de manière analogiques. Les similitudes et différences remarquables ont été recherchées et explicitées pour les divers stades de développement.

2.2. MATERIELS ET METHODES

2.2.1. Généralités

Les études consacrées aux méthodes d'approche de la faune des légumineuses sont nombreuses. Un vaste traité a ainsi été rédigé pour le seul cas du soja par Kogan et Herzog (1980) ; les techniques que proposent ces auteurs sont parfaitement utilisables pour les autres plantes du même groupe.

Les caractéristiques propres des insectes cibles et de leurs stades de développement ; la nature

des organes de plantes concernés, fleurs, gousses, graines, feuilles, tiges ou racines; et enfin l'état de croissance atteint par les végétaux échantillonnés sont autant de facteurs déterminants pour la mise au point d'une méthodologie bien adaptée.

Les problèmes à résoudre se posent en fait très différemment selon les cas. Les estimations des niveaux des populations constituent ainsi des thèmes de recherche très classiques que l'on peut solutionner de deux manières distinctes :

- Observations directes des populations: Prélèvement de plantes ou de fractions de plantes avec battages préalables sur un "parapluie japonais" ou plus simplement sur un tissu posé sur le sol ("ground cloth"). L'étude du matériel végétal fournit des résultats quantitatifs pouvant être facilement rapportés à une ou plusieurs unités de comparaison (unités de plantes, unités de ligne ou de surface de culture).

- Approches indirectes des populations: Fauchages à l'aide de filets, utilisés selon des lignes, des "S" ou des "8" (Kogan et Pitre, 1980; Kogan et Turnispeed, 1987). Piégeages divers avec pièges lumineux, bacs colorés à eau,..... L'unité de mesure demeure cette fois généralement indéterminée, ou plus exactement n'est déterminée qu'à un paramètre près.

Les mesures des dégâts occasionnés aux plantes par les insectes font également appel à des techniques variées.

L'appréciation de l'importance des aires foliaires consommées par les défoliateurs peut ainsi se faire par voies volumétriques, gravimétriques, planimétriques, géométriques, visuelles ou même recourir à des appareillages plus ou moins sophistiqués utilisant par exemple des cellules photo-électriques : Kogan et Turnispeed, (1980).

La détermination des dommages portés aux feuilles par les insectes piqueurs nécessite parfois la visualisation des piqûres, ou des pontes, à l'aide de méthodes de colorations différentielles des limbes foliaires atteints : Carlson et al., (1962)

Les dégâts portés aux gousses et aux graines par les insectes piqueurs ou (et) foreurs peuvent être estimés au moyen de diverses méthodes. Sont ainsi souvent préconisés par les auteurs :

- réalisation du classement visuel des graines selon des échelles d'attaques ;
- utilisation pour le suivi des variations du poids spécifique des graines, de solutions saturées de sels ou de liquides de densités différentes, utilisées en batterie ;
- mise en place de cultures de contrôle pour la mesure du pouvoir germinatif réel des graines récoltées ;
- dosages chimiques des contenus des graines avec calculs en particulier des teneurs en protéines et en lipides.

Les techniques utilisées pour les suivis des stocks se définissent en fonction de l'importance des réserves étudiées : greniers villageois traditionnels, silos de coopérative... Elles tiennent compte également des problèmes posés et de la nature des insectes cibles. Les insectes foreurs de grains, tel *Caryedon serratus*, présentent des stades de développement peu visibles : larves cachées et (ou) petites. Ils requièrent donc d'autres méthodes d'approche que celles utilisables pour de plus gros insectes, par exemple les chenilles des Lépidoptères, d'autant que l'activité de ces dernières espèces se marquent également assez souvent par des accumulations importantes et visibles de faeces, de soies entremêlées et de débris divers. Les prélèvements dans les stocks utilisent parfois des techniques d'échantillonnages relativement complexes, bien définies statistiquement. Des références intéressantes peuvent être trouvées chez divers auteurs dont Multon (1982).

2.2.2. Cultures et stocks suivis en Côte d'Ivoire

Réalisés de manière continue de 1981 à 1987 dans l'ensemble de zones arachidières du pays (figure 1.2.1). Les suivis des populations de ravageurs ont été menés à trois niveaux distincts :

- Observations ponctuelles, réalisées au cours de tournée dans des cultures et stocks villageois : arachide et niébé essentiellement, en partie woandzou. Suivis saisonniers et irréguliers,
- Observations continues, études et tests divers (pesticides....) menés sur des Stations de l'Institut des savanes (IDESSA) , et (ou) sur des Postes d'Observation (P.O.) du Centre Ivoirien des textiles (CIDT) : cultures expérimentales de niébé, d'arachide et de soja. Suivis saisonniers et réguliers en divers points des zones de savanes de la Côte d'Ivoire,
- Enquêtes menées sur le plan national avec l'aide des réseaux d'Enquêteurs de la CIDT. Diffusion de fiches questionnaires complémentaires "cultures" et "stocks" (approches préliminaires).

2.2.3. Méthodologies utilisées

Transposant en partie les recommandations de divers auteurs, quatre méthodes principales d'échantillonnage ont été retenues pour les études de faune au champ (voir tableau 2.2.1. Toutes les observations de terrain ont été systématiquement doublées par des élevages de contrôle réalisés au laboratoire.

Les pièges colorés utilisés dans le cadre de cette étude sont des bacs métalliques en zinc, intérieurement peints en jaune vif et remplis au tiers ou à demi d'eau additionnée de 3 % de mouillant. Cette technique d'échantillonnage a déjà donné lieu à de très nombreux travaux Duviard (1967, 1970 et 1971), Gaspar et al., (1968a et 1969b), Leberre et Roth (1969), Roth (1966), Pollet (1972 et 1977) et bien d'autres. Son intérêt particulier réside surtout ici dans la possibilité qu'elle offre de permettre la capture d'une fraction importante de la microfaune que trop d'auteurs, faute de moyens, tendent à négliger. Ces insectes bien qu'effectivement souvent très petits jouent parfois des rôles importants dans le fonctionnement des écosystèmes : micro-hyménoptères parasites ; homoptères de petites tailles tels les Jassides ou les Aphides ; micro-coléoptères.....

TABLEAU 2.2.1 : Méthodes d'échantillonnages utilisées de 1981 à 1987 pour les suivis de cultures et stockages de niébé, soja et arachide réalisés en Côte d'Ivoire.

	Techniques	Caractéristiques	Unité(s) de base	Insectes cibles	Localisations	Périodicité	Taille échantillon
CULTURES	Observations visuelles	Valeur indicative, présence ou absence des ravageurs ; Valeur quantitative, comptage à vue	plante(s) ligne(s) surface(s)	Piqueurs : Punaises et Homoptères Défoliateurs : Coléoptères Lépidoptères	Toutes localisations	1 à 3 fois par semaine	100 mètres de ligne, ou 200 plantes (choix au hasard)
	Prélèvements - de plantes entières - de fleurs - de gousses	Mesures précises des dégâts et des niveaux de population Caractérisations de la phénologie plantes (Construction tableaux 1.3.1, 1.4.1, 1.4.2 et 1.5.1)	Plantes fleurs gousses	Défoliateurs : Lépidoptères et Coléoptères Ravageurs des fleurs et des gousses	Stations	1 à 3 fois par semaine	50 plantes ou 100 fleurs ou 100 gousses (au hasard)
	Piégeages par fauchages	Appréciations relatives des niveaux populations	Lignes ou surfaces à "k" près	Défoliateurs chenilles Coléoptères Piqueurs dont Jassides et Punaises	Toutes localisations	1 à 3 fois par semaine	20 à 50 coups de filet fauchoir
	Piégeages par pièges eau	Appréciations relatives de l'activité et des niveaux de populations	Fractions de surface du champ à "k" près	Insectes ailés surtout Jassides aphides et Thrips	Stations	2 à 3 fois par semaine	3 piégeages simultanés de 40 heures à chaque fois
STOCKS	Echantillon-type	- Niveaux populations - Taux d'attaques	poids défini	Ravageurs I Ravageurs II	Toutes localisations	1 fois par mois	Généralement 500 g.
	Elevages de laboratoire	Compléments des études du champ	Plantes ou organes de plantes Milieux d'élevage	Insectes du champ Insectes des stocks	Toutes localisations	Selon prélèvement	Mise en place de tout élevage nécessaire

2.3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

2.3.1. Ravageurs sur semis et plantules

Les pertes de graines et de plantules constatées dans les cultures suivies proviennent souvent des actions exercées par de nombreux ravageurs. Des grillons, des sauterelles et divers Acridiens, plusieurs insectes du sol apparaissent ainsi fréquemment dans les sondages. Quelques attaques d'oiseaux sur les semences en germination et de rongeurs sur les plantules et sur les jeunes plantes ont également été fréquemment observées.

2.3.2. Ravageurs de début de végétation

2.3.2.1. Les pucerons

Fréquents sur le niébé et sur l'arachide, mais assez rares sur le soja, les pucerons, *Aphis craccivora* essentiellement, sont les premiers insectes qui apparaissent en nombres importants sur les plantes en développement. Cette espèce est réputée comme étant un vecteur de la Rosette de l'arachide (Bakhetia et al., 1976 ; Taylor, 1980) et également de quelques virus du niébé (Chari et al., 1976). Elle forme des colonies souvent de bonnes tailles sur les feuilles en début de végétation puis, plus tard, sur les gousses lors des fructifications.

Les femelles aptères de teinte noirâtre ont des antennes également assez longues et une taille qui peut varier de 1 à 1,90 mm. Les femelles ailées sont légèrement plus petites et ont une pigmentation plus claire avec des reflets verdâtres. Les ailes sont souvent translucides et l'envergure peut atteindre et même dépasser 5,0 mm.

Les populations de ce puceron apparaissent et se mettent en place sur les plantes souvent très vite. Soumises ensuite à une prédation de plus en plus forte de la part des larves d'une Coccinelle aphidiphage très vorace, *Cheilomenes sulphurea*, ces populations vont s'effondrer rapidement. Plus tard, la disparition des Coccinelles permettra à nouveau aux pucerons de se développer. D'autres colonies de tailles assez appréciables seront ultérieurement retrouvées sur les feuilles et surtout sur les gousses du niébé.

Les dégâts provoqués par les insectes sont assez mal définis. Nos études ne nous ont pas permis de fournir réellement une réponse précise à cette question. Selon Taylor (1980) les attaques de ce ravageur conduisent souvent simultanément vers la réduction de la croissance des plantes atteintes, l'apparition de certaines chloroses et enfin vers une baisse très sensible de la production (cités par Pollet, 1981a et 1982).

Aphis craccivora serait très dépendant des variations de son milieu et plus particulièrement peut être de l'état physiologique de sa plante hôte. Les observations réalisées dans les cultures sur ce sujet précis sont pratiquement inexistantes. Toutefois, de nombreuses références bibliographiques font mention de ce point particulier. Farrel (1976a et 1976b) ; Taylor D.E. (1980), Bakhetia et al., (1976), Chari et al., (1976), Taylor T.A. (1963) et bien d'autres auteurs soulignent l'existence de relations étroites entre les populations d'Aphides et les plantes. Les façons culturales ainsi que certaines caractéristiques microclimatiques du champ seraient également déterminantes. Des semis précoces à fortes densités de niébé ou d'arachide, réalisés en périodes de fortes pluies auraient ainsi pour effets de réduire considérablement les risques d'infestation par pucerons. La recherche de techniques culturales mieux adaptées est dès lors souvent conseillée pour lutter contre ces ravageurs, au même titre d'ailleurs que l'usage des pesticides ou le recours à des variétés résistantes.

2.3.2.2. Les Jassides

Suivant de près les installations des premières colonies de pucerons, les populations de Jassides apparaissent sur les légumineuses quelques semaines après les semis. Ces insectes, qui constituent très vite des groupes importants, vont se maintenir, ou se multiplier, jusqu'aux récoltes. Les espèces représentées dans les captures par plateaux colorés ou par fauchoirs, techniques utilisées ici, sont généralement nombreuses. Toutefois dans la plupart des cas les individus échantillonnés relèvent, pour leur grande majorité, d'un complexe d'espèces mal déterminées, *Empoasca* spp.. Ce groupe d'apparence et de structure très homogènes, peut ainsi représenter, selon les plantes, de 90% des captures de Jassides pour le niébé, à 70% pour l'arachide et 55% pour le soja (chiffres des piégeages par plateaux colorés) (Pollet, 1982).

D'une pigmentation généralement bien verte, les *Empoasca* spp. sont des petits insectes dont la taille moyenne ne dépasse pratiquement jamais 3 mm. Agiles et très vifs, ils s'enfuient à la moindre approche en se dissimulant des regards derrière les feuilles ou les tiges ou bien encore, en s'envolant sur de courtes distances. En fait, cette hyperactivité paraît également très dépendante des variations microclimatiques enregistrées dans la culture. Les fluctuations journalières de la température et (ou) les variations de la lumière déterminent ainsi l'apparition de multiples déplacements de faune, qui se réalisent à l'échelle de la plante. La nuit les Jassides sont inactifs et blottis sous les feuilles et au sein des masses végétales. Dès les premières heures du jour, avec la remontée des températures, les insectes stimulés également par la lumière deviennent rapidement actifs ; ils abandonnent alors leurs refuges et gagnent les sommets des plantes. Le soir, des mouvements inverses vont se mettre en place assez vite et les populations de Jassides redescendent à nouveau vers les feuilles les plus basses. Les différents déplacements journaliers de faune mis en évidence ici ne sont pas particuliers aux seuls Jassides des légumineuses. Des phénomènes très comparables ont été vus pour deux espèces de ce même groupe vivant sur le coton (Pollet, 1974).

Cette mobilité parfois excessive des *Empoasca* spp. ainsi que leur extrême petitesse peut rendre malaisée, voire même impossible, la réalisation de certaines observations et ceci notamment durant les heures les plus chaudes du jour. Selon Pedigo (1974) l'utilisation des pièges à aspiration (de type "D vac.") permet de résoudre ce problème de manière satisfaisante ; cette méthode est cependant fort coûteuse. Singh et al., (1978) préfèrent quant à eux réaliser tous leurs comptages directs durant la nuit.

Les dégâts réels dûs aux Jassides demeurent assez difficiles à préciser. Les feuilles gaufrées, couramment observées dans les cultures de soja et de niébé sont probablement des conséquences de piqures répétées et nombreuses des tissus foliaires par ces insectes. Singh et al. (1978) notent également d'autres symptômes caractéristiques de ces ravageurs piqueurs, et tout particulièrement :

- décolorations puis chutes des feuilles atteintes, surtout lors des fortes attaques ;
- dessèchement puis rabougrissement des plantes.

L'appréciation de l'incidence réelle de ces attaques pour la production se trouve en fait compliquée par l'existence pour les populations d'insectes de multiples fluctuations saisonnières ou (et) culturales. La nature de la plante hôte constitue aussi un facteur essentiel. Les courbes d'activité enregistrées dans les cultures de 1981 à 1987 sont ainsi respectivement continuellement croissantes pour le niébé, relativement stationnaires pour l'arachide et croissantes puis décroissantes pour le soja.

Dans le cadre de ce programme, aucune mesure n'a pu être faite sur les effets réels que peuvent avoir, sur la production des plantes, les attaques de Jassides. La résolution de ce problème a suscité la réalisation de nombreux travaux dont les résultats, notés dans la littérature, sont parfois bien contradictoires.

Pour Cavalcante et al. (1975) de même que pour Moares et al. (1980a et 1980b), les *Empoasca* spp. représentent sans doute le problème n°1 des cultures de soja, de haricot et de niébé réalisées au Brésil. Whitefield et Ellis (1977) obtiennent des résultats très comparables pour des sojas plantés aux U.S.A. Moares et al., signalent en particulier la possibilité de tripler les

rendements du niébé à l'aide de traitements par pesticides, judicieusement placés entre les 8^e et 76^e jours après les semis : production de 1250 kg/hectare au lieu de 498 kg/hectare.

En fait, les conséquences économiques réelles de ces attaques de Jassides seraient très dépendantes de l'état de développement atteint par les plantes concernées. Les périodes de plus grandes sensibilités aux dégâts causés par ces insectes coïncideraient ainsi plus spécialement avec la fin de la croissance végétative, la floraison et également avec les premières phases de la fructification (Ogunlana et Pedigo, 1974a).

L'incidence globale de ces insectes resterait cependant assez faible dans les conditions les plus courantes de cultures. Ogunlana et Pedigo (1974b) dans une deuxième publication et également Pedigo (1974) ont ainsi montré que les nombreuses et importantes fluctuations saisonnières des populations de Jassides se traduisaient le plus souvent par des attaques très atténuées. Dans le cas du soja le pouvoir de compensation élevé, propre à cette plante, aurait pour effets de renforcer encore plus les actions des paramètres climatiques. Selon ces auteurs le seuil économique des dégâts de Jassides sur soja se trouve en fait rarement atteint pour la plupart des cultures.

Signalons ici pour mémoire que la lutte contre les Jassides utilise des méthodes finalement peu différentes de celles préconisées pour le contrôle des pucerons, telles :

- recours à divers pesticides plus ou moins bien adaptés ;
- emploi de variétés résistantes ;
- et enfin meilleure conception des méthodes culturales.

L'éradication systématique des adventices serait également conseillée pour certaines cultures selon Hohmann et al., (1980).

2.3.3. Les ravageurs défoliateurs

2.3.3.1. Généralités

De nombreux défoliateurs, le plus souvent des Coléoptères ou des Lépidoptères ont été rencontrés sur les cultures suivies. Bien que la diversité spécifique constatée pour les individus soit parfois très grande, les espèces réellement importantes sont en fait peu nombreuses. *Lagria villosa*, *Epilachna similis assimilis* et plusieurs Galéruques dont *Ootheca mutabilis* pour les Coléoptères ; *Spodoptera litoralis*, *Heliothis armigera* ainsi qu'une tordeuse et plusieurs arpeuteuses pour les Lépidoptères, représentent ainsi généralement la quasi-totalité des phytophages capturés. Ces différentes populations atteignent souvent leur maximum vers la fin de la croissance végétative ou, un peu plus tard, durant la floraison. Les dommages portés aux feuilles par les uns et par les autres, quoique apparemment bien diversifiés, sont finalement relativement caractéristiques de chacun des ravageurs.

D'autres ordres d'insectes, tels les Orthoptères, apparaissent parfois aussi dans les sondages. Toutefois, dans la plupart des cas, ils ne constituent qu'une part infime des populations de phytophages, nous n'en parlerons donc pas ici.

2.3.3.2. Les Coléoptères

Lagria villosa (Lagriide) représente le Coléoptère phytophage le plus couramment observé sur les trois légumineuses. L'insecte se marque par une silhouette remarquable qui tend ainsi à s'évaser vers la partie postérieure de l'abdomen. Les téguments des élytres, la partie dorsale du thorax et également la tête portent sur un fond de teinte brun verdâtre assez sombre une multitude de ponctuations très fines, qui accrochent la lumière et donnent au corps de l'animal un aspect

granuleux légèrement luisant.

L. villosa consomme préférentiellement les feuilles nécrosées du soja, du niébé ou de l'arachide. Les incidences économiques de ses attaques directes sont donc très vraisemblablement assez négligeables pour les trois plantes. Cette conclusion rejoint celle de Pereira et al., (1980). Toutefois, selon ces mêmes auteurs, les *Lagria villosa* trouvés au Brésil sur *Phaseolus* pourraient transmettre certaines maladies bactériennes très dangereuses pour les plantes. Agyen Sampong (1978) aboutit à des conclusions assez comparables pour les *Lagria* spp. vivant sur les niébé cultivés au Nigéria.

La biologie de ces insectes demeure fort imprécise. Toutes les données importantes restent à définir. Les accouplements observés semblent se réaliser préférentiellement sur les plantes ayant atteint le stade de la floraison ou portant déjà des gousses. Des œufs jaunâtres déposés en amas informes ont été obtenus en élevage pour *Lagria villosa*.

Epilachna similis assimilis est une coccinelle défoliatrice assez vorace et polyphage pour constituer un problème rarement négligeable pour de nombreuses cultures des régions tropicales. Courante sur l'arachide mais plus encore sur le soja et sur le niébé, cette espèce peut aussi être capturée en Côte d'Ivoire sur le maïs et sur le riz : Pollet et al., (1978), Pollet (1974 et années suivantes). D'autres études la signalent également sur le coton. Cette coccinelle qui est caractéristique de l'ancien monde, ne se rencontre pas sur le continent américain ; elle cède la place à une forme équivalente, *Epilachna varivestis*, qui occupe la même niche écologique et joue exactement le même rôle. Notons enfin que le genre *Epilachna* renferme les seuls individus phytophages de la famille des *Coccinellidae*.

E. similis assimilis est un petit insecte de forme ovale et assez trapue dont la taille ne dépasse pas 7 à 8 mm. Une teinte brun rougeâtre plus ou moins claire, tirant parfois vers le jaune, marque la pigmentation générale du corps de l'animal. 6 taches noires assez variables et non coalescentes ponctuent la surface de chacune des élytres. Les œufs sont jaunes et beaucoup plus longs que larges. Ils sont pondus sur la face supérieure de feuilles, par groupe de 10 à 20 œufs peu jointifs et disposés verticalement les uns contre les autres. L'incubation est rapide et ne dure que quelques jours. Les larves, qui ont une coloration jaune assez claire, sont également ornées de multiples soies barbelées, généralement rigides et de fortes tailles. Les nymphes sont jaunâtres; les nymphoses se réalisent sur les feuilles

Les dégâts portés aux plantes par les *Epilachna* sont caractéristiques de l'espèce. Le développement larvaire s'effectue en totalité sur la face inférieure des feuilles. Les larves attaquent le limbe foliaire, souvent entre deux nervures et dévorent successivement l'épiderme puis le parenchyme. Le parenchyme supérieur de la lame foliaire étant respecté dans la plupart des cas, les symptômes d'attaques par *Epilachna* se marquent donc par des sortes de "fenêtres" translucides et blanchâtres, qui contrastent fortement avec les autres parties restées indemnes de la feuille.

Pour les légumineuses suivies en Côte d'Ivoire, hormis quelques cas assez rares de pullulations extrêmement fortes, les pertes de feuillages liées à l'activité de cette coccinelle demeurent réduites. La réduction de la photosynthèse qui en découle ne paraît donc pas suffisante pour entraîner des diminutions sensibles et mesurables de la récolte.

Il est utile de rappeler ici que l'espèce américaine *E. varivestis* a donné lieu à d'innombrables travaux, souvent d'ailleurs réalisés dans le cadre du seul soja. Les résultats obtenus sont particulièrement diversifiés.

Lagria villosa et *E. similis assimilis* ne sont évidemment pas les seuls Coléoptères destructeurs de feuillages qu'il est possible de rencontrer sur les légumineuses. Ces insectes représentent bien sûr l'essentiel des captures, néanmoins, quelques autres formes, relativement courantes, méritent également d'être signalées ici telles *Ootheca mutabilis* et *Medythia* spp. Si ces deux espèces particulières restent toujours très secondaires pour les cultures suivies en Côte d'Ivoire, elles sont par contre signalées dans d'autres pays comme étant des ravageurs

potentiellement dangereux. Singh et Taylor (1978), Singh et Allen (1979) et le "Tropical grain legume (ouvrage collectif de 1981) retiennent pour l'une et pour l'autre, deux types possibles d'actions majeures au niveau de plantes attaquées :

- dégâts directs sur les systèmes foliaires,
- et vection de plusieurs grandes maladies virales des légumineuses.

2.3.3.3. Les Lépidoptères défoliateurs

Toutes les observations réalisées pour ce groupe soulignent plus particulièrement *Spodoptera (Prodenia) littoralis*. Les chenilles de ce papillon se rencontrent sur les trois légumineuses avec toutefois une préférence marquée pour le soja et pour le niébé.

Les populations de *S. littoralis* atteignent leur plus haut niveau durant la pleine croissance végétative des plantes. A ce stade de développement, des chenilles de toutes tailles peuvent être trouvées facilement sur les feuilles. Les limbes foliaires attaqués, sont percés de multiples trous à bords bien nets, comme découpés à l'emporte pièce. Les dégâts sur fleurs sont également assez courants.

Le début de la fructification des plantes coïncident fréquemment avec le déclenchement des premières nymphoses. Les larves, qui viennent de réaliser tout leur développement souvent sur une même plante, se laissent tomber sur le sol. Elles se glissent sous les feuilles et sous les débris végétaux divers trouvés aux pieds des plantes. Quelques jours plus tard, elles s'enfoncent dans la terre à quelques centimètres de profondeur. Les mues nymphales interviendront ensuite assez vite et les adultes émergeront 10 à 15 jours plus tard (données d'élevage). Ces mouvements de populations se réalisent de manière assez synchrones pour tous les individus. Sous des sojas mûrissants et en phase de déhiscence foliaire, des quantités innombrables de chenilles du dernier stade, cachées sous les feuilles mortes ont ainsi pu être observés à diverses reprises au cours des études.

Spodoptera littoralis, par suite d'une polyphagie assez forte, peut évoluer sur de nombreuses autres plantes cultivées et sauvages. L'insecte peut même devenir un problème non négligeable pour quelques cultures, telles par exemple le coton, la tomate et plusieurs autres productions maraîchères. Cette Noctuelle très cosmopolite a donné lieu, un peu partout dans le monde, à de nombreux travaux. Les références actuellement disponibles pour *S. littoralis* sont innombrables.

Les autres Lépidoptères phytophages rencontrés sur les légumineuses correspondent à des formes très secondaires. *Heliiothis armigera*, plusieurs arpentuses et quelques Arctiides non déterminés apparaissent ainsi épisodiquement dans les sondages. En fait, dans la plupart des cas, ces insectes restent négligeables et leurs "populations" se réduisent souvent à quelques rares individus isolés.

La présence d'*Heliiothis* sur les légumineuses s'explique en partie par sa grande polyphagie qui lui permet de vivre indifféremment sur de nombreuses plantes hôtes sauvages ou (et) cultivées tels le maïs ou le coton. Le coton, culture très courante dans les milieux de savanes étudiés, constitue d'ailleurs l'une des plantes hôtes préférentielles de cette espèce.

Dans le cas des cultures suivies, les dégâts liés aux Lépidoptères phytophages sont toujours restés peu importants et ces insectes, sans nul doute, n'ont donc eu en définitive le plus souvent que des actions extrêmement faibles voire même négligeables sur les productions de graines ; ceci est d'ailleurs d'autant plus vrai dans ce cas que l'arachide, le niébé et surtout le soja compensent finalement assez bien la plupart des pertes de feuillages subies durant leur croissance végétative. Mueller et al. (1980), Taylor (1965), Goodyer (1980), Thomas et al. (1976) et quelques autres auteurs étudiant surtout le cas du soja, ont montré à ce sujet que le pouvoir pour la plante de compenser des pertes de feuilles demeure élevé jusqu'au stade R1: début de l'apparition des premières fleurs. Selon ces mêmes auteurs, ce pouvoir de compensation diminue ensuite assez vite. A partir de R6 la plante devenant très sensible, dès ce stade des pertes de feuillages, mêmes réduites, peuvent perturber très fortement la formation des gousses puis des graines.

Les effets destructeurs réels des chenilles défoliatrices sont diversement appréciés selon les études. De nombreux exemples de destructions totales de cultures sont notés dans la littérature pour plusieurs défoliateurs. Une espèce américaine *Anticarsia gemmatalis* est ainsi réputée au Brésil comme parfaitement capable, sous certaines conditions, de développer des populations suffisantes pour détruire tout un champ de soja en une journée: noté par Irwin, 1978. Turner (1978) signale, pour des sojas cultivés en Australie des pertes aussi définitives de récolte, provoquées par des infestations de *Spodoptera littoralis*. Les exemples abondent. On pourrait également citer ici le cas de l'Indonésie, pays pour lequel *Spodoptera* constitue actuellement l'un des problèmes majeurs des cultures du soja réalisées sur les îles de Java et de Sumatra (Pollet, 1987)

En fait, le problème posé par les Lépidoptères défoliateurs reste entier. L'absence ou la faiblesse des dégâts portés par ce groupe aux cultures de légumineuses de la Côte d'Ivoire ne signifie pas que ces insectes doivent être négligés. Il est certain au contraire que sous l'effet de certaines variations climatiques, culturelles ou régionales, des populations importantes de ravageurs peuvent se mettre en place brutalement et conduire vers des destructions parfois irrémédiables.

Il importe donc de ne pas se laisser surprendre par de tels phénomènes d'où sans doute l'intérêt de pouvoir définir à temps un système d'avertissement cohérent et efficace ("pest monitoring system"). La lutte contre ces ravageurs ne paraît d'ailleurs pas poser de problèmes insurmontables. Les techniques les plus classiques font appel à divers pesticides. D'autres méthodes plus originales recourent à des systèmes biologiques utilisant des répulsifs ou encore des attractifs (phéromones). Divers agents pathogènes peuvent également être préconisés, tels *Nomuraea rileyi* ou *Bacillus thuringiensis* contre les Noctuelles. Les adaptations de certaines techniques culturales sont également assez souvent recommandées. Utilisant ces différentes méthodes, seules ou combinées les unes aux autres de manières parfois complexes, des tests innombrables ont été réalisés un peu partout dans le monde. Les références actuellement disponibles se comptent par centaines.

2.3.4. Les ravageurs des fleurs et des bourgeons floraux

2.3.4.1. Généralités

Hormis quelques cas particuliers, dont nous parlerons plus loin, les fleurs et les bourgeons floraux des trois légumineuses se trouvent généralement attaqués par les mêmes ravageurs. Cette identité entre les faunes, déjà signalée précédemment, n'est en fait qu'assez relative. Les sensibilités des plantes aux attaques peuvent différer d'une légumineuse à l'autre. Les niveaux de population des ravageurs correspondants sont sujets à des multiples variations.

Ainsi le foreur de fleurs *Maruca testulalis* dont les populations respectives sont toujours abondantes sur le niébé, relativement moyennes et même faibles sur l'arachide, et pratiquement inexistantes sur le soja. Des données assez semblables ont pu être obtenues pour les Thrips. En fait le plus généralement les divers ravageurs des organes floraux, qui sont communs aux trois légumineuses recherchent préférentiellement le niébé ; les chiffres d'attaques mesurés sur cette dernière plante sont fréquemment les plus élevés.

Plusieurs Lépidoptères défoliateurs, responsables de dommages importants au niveau des parties végétatives des plantes, sont également susceptibles de prolonger leurs attaques jusqu'aux fleurs. Des dégâts notables dus essentiellement à *S. littoralis* ont ainsi été souvent observés en Côte d'Ivoire sur les fleurs des niébés cultivés sur stations. Bien que rarement rencontré dans les cultures suivies, *Heliothis armigera* serait également selon Nyiira (1978) un ravageur potentiellement nuisible pour les inflorescences et pour les gousses des légumineuses.

D'autres insectes phytophages, tels les *Mylabris* spp. sont plus spécifiquement inféodés aux grappes florales et aux fleurs des légumineuses. Ces Méloïdes relativement courants, surtout sur le niébé, se reconnaissent facilement par la présence au niveau des élytres de larges bandes transversales, alternativement noires et jaunes ou rouges selon les espèces. Les adultes de *Mylabris* spp., qui représentent le seul stade du développement, critique pour les plantes, sont causes de destructions de fleurs qui demeurent réduites dans les conditions de cultures les plus courantes. L'apparition de fortes populations reste cependant possible avec souvent comme corollaire dans ce cas la perte totale des récoltes : Singh et Allen (1978); Singh, Van Emden et Taylor (1978).

Toute une faune complexe d'Hétéroptère piqueurs gravite également autour des organes floraux du soja, du niébé et accessoirement de l'arachide. Ces insectes, qui développent souvent leur premières populations sur des fleurs déjà âgées et généralement fécondées, ne constitueront en fait de sérieux problèmes pour les plantes qu'à partir du stade R3 : jeunes gousses de moins de 2 cm pour le soja et de moins de 1 cm pour le niébé (voir tableau 1.4.2.). *Anoplocnemis curvipes*, *Acanthomia tomentosicollis* et *Riptortus* sp. appartiennent à ce premier groupe ; ces trois espèces seront rejointes ultérieurement par la "punaise verte du cotonnier" *Nezara viridula*.

En fait, souvent les pertes de fleurs les plus notables sont liées essentiellement aux activités de deux ravageurs principaux, un thrips *Megalurothrips sjostedti* et un Lépidoptère foreur, *Maruca testulalis*. Ces insectes, dont nous allons parler maintenant voisinent d'ailleurs assez fréquemment à l'intérieur des fleurs des trois légumineuses.

2.3.4.2. Les Thrips

Les thrips échantillonnés dans les organes floraux des légumineuses suivies correspondent en général à une seule et même espèce, *Megalurothrips (Taeniothrips) sjostedti*. Les adultes ont une taille qui ne dépasse pas 1,8 mm et une pigmentation assez variable qui oscille entre un gris très foncé presque noir et un brun marqué. Les larves, très petites pour les premiers stades, sont souvent jaune oranges. Les larves et les adultes de ce ravageur se rencontrent fréquemment ensemble et parfois en grands nombres : 100 et plus dans certaines fleurs.

Les infestations individuelles des fleurs peuvent varier considérablement d'une plante à l'autre. Les plus hauts niveaux de population se voient généralement sur le niébé. Viennent ensuite, classées par sensibilités décroissantes aux attaques, l'arachide et enfin le soja. L'ampleur des attaques dues aux Thrips serait également très dépendante de la localisation de la culture et de son environnement particulier ; les échantillonnages réalisés aux mêmes moments en divers lieux de la Côte d'Ivoire fournissent ainsi des résultats très différents.

Les dégâts provoqués par les Thrips sont assez spectaculaires. Le développement des populations à l'intérieur des fleurs se marque en effet relativement vite par l'apparition de multiples nécroses au niveau des pièces florales. Les pétales et les sépales, fortement rongés vers leur base, se fânent rapidement puis tombent au sol. Dans le même temps les ovaires sont taraudés et les filets des étamines également détruits partiellement.

Les chutes prématurées de fleurs, induites par ces insectes, interdisent les formations des gousses correspondantes. Il est donc vraisemblable que des pullulations importantes de Thrips puissent avoir pour effets des pertes de récolte très conséquentes, voire peut être même totales. Cette hypothèse a été démontrée dans bons nombres de pays. Pour Agyen Sanpong (1978) (Ghana), Singh et Taylor (1978) (Nigéria), Singh et Allen (1979) (Nigéria), Nyiira (1978) (Ouganda) comme pour de nombreux autres auteurs, les Thrips et plus particulièrement l'espèce africaine *M. sjostedti*, constituent effectivement de très dangereux ravageurs pour les cultures de légumineuses. Ces auteurs, qui signalent aussi de nombreux cas de destructions totales de cultures liées à ces insectes, recommandent comme techniques de lutte l'utilisation de variétés résistantes et le recours également à plusieurs pesticides.

2.3.4.3. Les Lépidoptères foreurs de fleurs

Maruca testulalis ainsi qu'un Lycaenide non déterminé sont les deux seuls ravageurs de ce groupe, qui ont été rencontrés dans les cultures suivies en Côte d'Ivoire. L'un et l'autre en fait ne s'attaquent ici pratiquement qu'aux seules fleurs du niébé.

M. testulalis correspond à la forme dominante : 75 à 95 % de toutes les captures réalisées. Dans quelques cas assez rares, *Maruca* peut aussi se trouver accompagnée par le Lycaenide. Les chenilles de ces deux insectes vivent à l'intérieur des fleurs, fréquemment en présence de nombreux thrips.

Les adultes de *Maruca* ont une petite taille, qui varie de 10 à 12 mm. La pigmentation générale du corps du papillon est brun noire. L'aile antérieure porte sur un fond de même couleur trois taches blanchâtres de tailles différentes. La plus grande est en position transversale ; située vers l'extrémité de l'aile et partant de son bord externe, elle barre à ce niveau la surface alaire sur les 2/3 de sa largeur. Les deux autres taches, nettement plus petites, marquent les 2/3 antérieurs de l'aile et peuvent être caractérisées comme suit :

- tache 1, en forme de virgule, vers le bord externe de l'aile et à faible distance de la grande tache ;
- tache 2, d'aspect punctiforme, en position centrale dans le premier tiers antérieur de l'aile.

La pigmentation de l'aile postérieure se réduit à une unique tache brunâtre située vers sa partie distale ; le reste de la surface alaire est uniformément de teinte blanche.

En fin de développement les chenilles du 5^e stade ne dépassent pas 2,0 cm de longueur. La tête et le notum du prothorax sont pigmentées uniformément en brun. Le reste du corps porte, sur un fond plus clair toute une série de ponctuations brunes, situées au niveau de chacun des segments, et respectivement en positions dorsales, latéro-dorsales, latérales et ventrales.

L'élevage des larves au laboratoire a pu être mené à bien sans difficultés majeures sur des fleurs de niébé, disposées à l'intérieur de boîtes de plastique et en présence d'un coton humide. Les développements larvaires se réalisent en totalité en 10 à 15 jours. Les nymphoses s'effectuent à proximité des fleurs et à l'intérieur de cocons blanchâtres, constitués chacun d'une trame de soie blanche, extrêmement lâche et d'aspect semblable à une sorte de filet. Les émergences des adultes

interviendront ensuite 10 à 12 jours plus tard.

Au champ, les nymphoses se réalisent dans le sol et à faible profondeur, à l'intérieur de cocons qui, cette fois, sont à double paroi. Les parois les plus internes évoquent par leur structure la trame des cocons obtenus en élevage et les parois externes se présentent comme des sortes d'assemblages assez informes de soies et de débris divers.

Les chenilles sont vives et agiles. Des excréments pulvérulents, mêlés à de nombreux fils de soie, marquent à l'extérieur les trous d'entrée et, de manière générale, tous les organes atteints. L'activité de la (ou des) chenille(s) à l'intérieur des fleurs se traduit très vite par la destruction complète des ovaires et des étamines, anthères et filets. Ces organes vont se trouver progressivement "remplacés" par des amas importants de faeces musciligieuses entremêlées de soies. Pour certaines fleurs de petites tailles les attaques peuvent aussi atteindre les sépales et (ou) les pétales.

Maruca testulalis est également responsable un peu plus tard de dégâts souvent importants au niveau des gousses vertes. Les trous d'entrée ménagés par les larves sont bien visibles et généralement situés à proximité des pédoncules. Les destructions des jeunes graines provoquées par l'insecte demeurent assez limitées mais le nombre global de gousses ainsi attaquées peut être élevé. Des chiffres de 50 % et plus d'infestations ont été obtenus pour de nombreux échantillonnages réalisés au champ.

L'importance des pertes constatées de fleurs et de gousses se traduit par des réductions conséquentes des rendements. Nous avons parfois noté en Côte d'Ivoire la destruction par *Maruca* de 60 % des fleurs or, selon les estimations par exemple de Walker (1970), un taux de réduction des nombres de fleurs de 40 % pourrait déjà se traduire par des récoltes en diminution de près de 30 %. Taylor et Ezedimna (1964), Taylor T.A. (1968), Oei Dherma (1969), Koehler et Mehta (1972) et enfin Morgan (1973) attribuent à ce ravageur des pertes globales de récolte pouvant représenter de 20 à 60 % de la production.

En fait dans la détermination des pertes de rendements, il est parfois difficile d'estimer avec précision la part de responsabilité qui revient exactement à la présence des *Maruca testulalis*. L'existence d'autres foreurs et les développements simultanés de populations massives de Thrips et de diverses punaises ne simplifient guère la résolution de ce problème.

Le contrôle de ce ravageur utilise très classiquement la lutte chimique. D'innombrables tests ont été réalisés et les auteurs proposent généralement des listes de produits plus ou moins efficaces avec toutes indications utiles sur leurs normes d'application. Booker (1965), Jerath (1968), Taylor T.A. (1968a et 1968b), Koehler et Mehta (1972), Dina (1976 et 1977) aboutissent ainsi à des résultats qu'ils jugent satisfaisants. Cette utilisation des pesticides ne fait pas l'unanimité des chercheurs et certains d'entre-eux recommandent très particulièrement d'autres méthodes de lutte contre *Maruca*. La sélection de variétés plus résistantes aux dégâts de l'insecte ; une meilleure adaptation des techniques culturales, la recherche d'assolements plus efficaces et le recours à certains agents pathogènes, responsables de graves maladies d'insectes, seraient ainsi susceptibles de permettre de réelles améliorations des rendements. Le débat en fait reste ouvert.

2.3.5. Les ravageurs des gousses et des graines, avant récolte

2.3.5.1. Généralités

La maturation des gousses de l'arachide se réalise dans le sol. Ce fait, qui différencie nettement cette plante des deux autres légumineuses, se traduit aussi par l'apparition pour les gousses d'une faune spécifique et remarquable de ravageurs. Les iules, les termites, certaines larves de

Tenebrionides sont particuliers à l'arachide. Les uns et les autres pénètrent par effraction dans les coques. Les orifices d'entrée, généralement bien visibles, constitueront également autant de portes d'entrée permettant les installations ultérieures et le développement de différentes moisissures, telles les *Aspergillus* spp. Ces ravageurs, dont les biologies respectives restent mal connues pour la Côte d'Ivoire, sont parfois causes de pertes globales assez importantes ; les mesures réalisées de 1981 à 1987 font ainsi état de destructions de gousses équivalant en moyenne à 15 à 30 % des récoltes espérées.

Les ravageurs des gousses et des graines du soja et du niébé sont souvent les mêmes pour les deux plantes. Les deux défoliateurs *H. armigera* et *S. littoralis* ; le foreur *Maruca testulalis* ; le puceron *Aphis craccivora* ; certaines punaises coréides telles *Anoplocnemis curvipes*, *Acanthomia tomentosicollis* ; le Pentatomide *Nezara viridula* et bien d'autres sont ainsi susceptibles de pouvoir évoluer simultanément sur les deux plantes. En fait dans l'absolu les taux d'infestation respectifs peuvent varier profondément d'une plante à l'autre. *N. viridula* paraît ainsi préférer le soja et *A. curvipes* semble au contraire plus spécifiquement inféodé au niébé. *Maruca testulalis*, ravageur majeur pour les fleurs et pour les gousses du niébé, ne se rencontre dans le même temps que rarement sur le soja. De manière identique, les pucerons *A. craccivora* sont présents sur les niébés où ils forment des colonies importantes sur les feuilles puis sur les gousses. Leur venue sur soja demeure par contre assez rare.

Les piqueurs et les foreurs exercent des actions finalement assez distinctes sur les gousses et sur les graines des deux plantes.

2.3.5.2. La faune du soja

Sur le soja, les pertes de récolte les plus conséquentes découlent, presque toujours des seuls dégâts dus aux insectes piqueurs. Ces derniers sont constitués en majorité par des *Nezara viridula* ; quelques rares autres Hétéroptères peuvent toutefois être rencontrés tels par exemple *Acanthomia tomentosicollis* ainsi que la punaise rouge du cotonnier *Dysdercus voelkeri*. Des *Riptortus* spp., et une punaise Pentatomide assez brune, non déterminée, apparaissent aussi très occasionnellement dans les échantillonnages.

Les graines de soja atteintes par les piqueurs se rident et se dessèchent assez vite. Elles prennent une teinte grise et deviennent plus ou moins inconsommables. Ces graines, qui représentent de 10 à 20 % de toute la récolte, sont généralement contenues par des gousses à parois brun jaunes, ponctuées de multiples taches noires parfois coalescentes.

Les dégâts sur gousses occasionnées par les foreurs sont pratiquement inexistantes pour le soja. Dans le pire des cas, les pourcentages d'attaques mesurés, dus à ces ravageurs ne concernent même pas 1% des gousses et les nombres de grains, qui seront finalement atteints par les insectes, sont infimes.

2.3.5.3. La faune du niébé

Les gousses du niébé sont attaquées simultanément par les foreurs et par les piqueurs et ces deux groupes de ravageurs jouent finalement des rôles assez comparables.

Les foreurs sont surtout représentés ici par *Maruca testulalis*, ravageur déjà vu plus haut. Quelques autres larves, parfois restées non déterminées ont également été trouvées en petits nombres. Certaines d'entre-elles ont fourni après élevage des *Callosobruchus maculatus*. Ce ravageur, très dangereux pour les graines de niébé stockées, présente la particularité de préparer souvent ses futures attaques sur stocks à partir d'infestations initialement réalisées au champ avant les récoltes. *C. maculatus* est actuellement très bien connu et cela grâce aux innombrables études qui lui ont été consacrées un peu partout dans le monde (Morris, 1978 ; Coll. Niamey, 1985). D'autres larves rosâtres correspondent aux chenilles du Lépidoptère *Cydia pychora*, ravageur que

de nombreux auteurs tendent à considérer comme réellement très nuisible pour les graines mûres du niébé, avant récolte (Singh et al., 1978).

Outre les pucerons, représentés parfois par de fortes colonies sur les gousses, les ravageurs piqueurs des gousses et des graines du niébé comprennent aussi plusieurs Hétéroptères d'importances relatives assez variables. *Anoplocnemis curvipes* représente la forme dominante pour les cultures suivies. Cette grosse coréide noire au vol très lourd se trouve fréquemment accompagnée par une autre espèce de la même famille, *Acanthomia tomentosicollis*. Les piqûres de ces deux "punaises" ponctuent les gousses de multiples petits points noirs et provoquent l'apparition au niveau des graines atteintes de symptômes très comparables à ceux notés plus haut pour *N. viridula* sur soja: plissement et dessèchement des amandes avec formations plus ou moins rapidement de nécroses. Quelques rares *N. viridula* ont également pu être observées sur les niébés et des petits nombres de *D. voelkeri* et de *Riptortus* spp. figurent aussi dans les captures.

Ces différentes "punaises" Coréides et Pentatomides s'élèvent facilement au laboratoire, sur des haricots verts et en présence de tampons de coton bien humidifiés. Les accouplements et les pontes sont obtenus sans difficultés particulières. Les œufs parfois déposés sur substrats de papier, se rencontrent aussi un peu partout sur les parois des boîtes d'élevage et également sur les haricots. Cette technique, qui suppose le renouvellement fréquent des haricots verts et le maintien d'une humidification suffisante dans les cages ou les boîtes d'élevage, permet de mettre en place assez aisément des élevages continus. De nombreux éléments de caractérisations ont, de la sorte, pu être précisés pour les trois principaux Hétéroptères ravageurs des gousses du niébé et (ou) du soja, *Acanthomia tomentosicollis*, *Anoplocnemis curvipes* et *Nezara viridula* (voir tableau 2.3.2.).

Les incidences économiques réelles de ces divers piqueurs n'ont pas été estimées avec précision. Il est en fait difficile, sinon impossible, de séparer au niveau de la production les effets des dégâts dûs aux Hétéroptères de ceux plus spécifiquement liés aux autres ravageurs tels les foreurs. Néanmoins, selon de nombreux auteurs, les "punaises" Coréides et (ou) les Pentatomides seraient responsables d'actions importantes dans les déterminations des pertes de rendements. Todd (1976) estime ainsi que le seul *Nezara viridula* peut aux U.S.A. provoquer des diminutions de récolte de 64 à 79 %. D'innombrables études concernant ces ravageurs peuvent d'ailleurs être trouvées dans la littérature ; plus de 600 titres sont par exemple fournis pour *N. viridula* par De Witt et Godfrey (1972).

Le contrôle de ces insectes fait généralement appel à divers pesticides et les résultats obtenus par les uns et par les autres, sont souvent jugés comme satisfaisants (Bhattacharya et Rathore, 1977). D'autres méthodes basées en partie sur l'existence de nombreux parasites d'œufs sont également utilisables.

Tableau 2.3.2 : Caractérisations biologiques de trois Hétéroptères ravageurs du niébé et (ou) du soja, *Anoplocnemis curvipes*, *Acanthomia tomentosicollis* (prob.) et *Nezara viridula* (données d'élevage).

	<i>Anoplocnemis curvipes</i>	<i>Acanthomia tomentosicollis</i>	<i>Nezara viridula</i>
ADULTES	<ul style="list-style-type: none"> - adultes de grande taille, 38 à 40 mm de longueur pour les mâles, les femelles sont un peu plus petites ; - pigmentation du corps gris noire assez foncée ; - vol lourd ; - le mâle porte une forte épine sur le bord interne de chaque fémur des pattes mésothoraciques 	<ul style="list-style-type: none"> - adultes de taille moyenne 12 mm de longueur pour les deux sexes ; - pigmentation du corps brun rougeâtre ; - présence de très nombreuses petites épines sur tout le corps ; avec également deux très fortes épines vers le bord supérieur externe du prothorax. 	<ul style="list-style-type: none"> - adulte de taille moyenne ne dépassant pas 18 mm pour les deux sexes ; - pigmentation du corps uni formément verdâtre - aspect caractéristique de "punaise".
PONTES ET ŒUFS	<ul style="list-style-type: none"> - pontes en chapelets de 15 à 30 œufs en moyenne, déposées sur les faces inférieures des feuilles et sur les tiges des légumineuses et des adventices; - œufs gris noirs aplatis dorso-ventralement et de forme oblongue à extrémité tronquée ; - L = 6.3 mm et l = 1.1 mm 	<ul style="list-style-type: none"> - pontes en plaques peu jointives de 15 à 20 œufs en moyenne, déposés sur la face inférieure des feuilles ; - œufs de teinte bordeaux, aplatis dorso-ventralement et de forme ovoïde; - L = 1.1 mm et l = 0.7 mm 	<ul style="list-style-type: none"> - pontes en plaques peu jointives de 10 à 70 œufs en moyenne, déposés sur les feuilles ; - œufs sphériques et légèrement comprimés vers la zone équatoriale - Ø de 0.9 à 1.0 mm
LARVES	<ul style="list-style-type: none"> - 5 stades larvaires ; - Larves noirâtres pour les premiers stades, devenant ensuite plus claires ; - les L1 et L2 ressemblent à des petites "fourmis" ; 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 stades larvaires ; - larves rosâtres et assez graciles pour les premiers stades devenant ensuite brun rougeâtres ; 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 stades larvaires ; - larves d'aspect trapu; - rougeâtres et noirâtres pour les premiers stades, ensuite peu à peu verdâtres avec apparition d'une ponctuation jaune et blanche vers l'abdomen.
DUREES STADES	<ul style="list-style-type: none"> - 7 à 12 jours pour les œufs ; - 25 à 45 jours pour les 5 stades larvaires ; - longévité des adultes inconnue mais plus de 40 jours ; (élevages) 	<ul style="list-style-type: none"> - 5 à 10 jours pour les œufs ; - 20 à 30 jours pour les stades larvaires ; - longévité des adultes inconnue mais plus de 40 jours ; (élevages) 	<ul style="list-style-type: none"> - 6 à 10 jours pour les œufs ; - 30 à 60 jours pour les 5 stades larvaires; - longévité des adultes inconnue mais plus de 40 jours ; (élevages)

2.3.5.4. La faune de l'arachide

Les gousses en formation dans le sol subissent les attaques de deux groupes de ravageurs qui provoquent l'un et l'autre des dégâts spécifiques bien caractérisés :

- **termites**: coques rongées en surface mais peu souvent perforées
- **iules**: coques rongées plus profondément et souvent bien perforées.

Les iules et les termites que Misari (1975) retient avec les Pucerons comme étant les trois principaux ravageurs des arachides cultivées en zones tropicales, jouent en fait des rôles assez peu comparables ainsi que nous allons le voir maintenant.

Les venues des termites dans les cultures seraient directement liées, selon Misari (1975), à l'apparition dans le milieu de conditions défavorables, fortes sécheresses, déficiences minérales prononcées, trop nombreuses adventices, maladies en extension... Les dégâts observés sont caractéristiques. Des plages sombres de forme irrégulière qui correspondent à des zones de tissus rongés plus ou moins fortement, marquent la surface des coques attaquées. Les perforations restent rares. Elles se situent le plus généralement à proximité de la zone d'insertion du pédoncule (Johnson, Lamb et Wood, 1981). L'incidence économique réelle de ces insectes n'est pas facilement mesurable. Les suivis de greniers réalisés de 1985 à 1987 (Etudes aflatoxines sur stocks) mettent en évidence des traces d'attaques sur près de 15 à 20 % des coques stockées. Ces chiffres mesurés sur stocks ne tiennent cependant pas compte de toutes les gousses qui ont été complètement dévorées ou détruites dans le sol après les attaques et avant les récoltes. Selon quelques auteurs les dégâts observés au champ pourraient effectivement atteindre des niveaux élevés dans certaines localisations. Johnson, Lamb et Wood, (1981) citent ainsi pour le nord du Nigeria des pertes fréquemment supérieures à 40 % de la production. Pour Johnson et Gumel (1981) l'ensemble des gousses scarifiées par les termites, détruites ou non, pourrait représenter plus de 80 % de toute la récolte pour quelques zones du Nigeria.

Selon ces mêmes auteurs l'intensité des attaques dues aux termites serait une fonction directe du déficit pluviométrique. Cette donnée a pu effectivement être vérifiée pour la Côte d'Ivoire (voir chapitre III). Misari (1975) note également l'existence de corrélations positives et significatives entre le développement des dégâts de termites et l'importance des contaminations des coques et des graines par plusieurs champignons dont *Aspergillus flavus*, premier responsable des contaminations des graines par aflatoxines ; nous en reparlerons plus loin.

Ainsi que le note Misari (1975) les problèmes que posent les termites à la production ne doivent pas être sous-estimés. Ils ne doivent pas non plus être sur-estimés, la lutte chimique contre ces ravageurs ne serait vraiment justifiée et économiquement rentable que pour les seules cultures de type industriel (Masses, 1981).

En Côte d'Ivoire les **attaques des iules** les plus dangereuses pour l'arachide se situent à deux moments distincts du cycle : sur les plantules au début de la culture puis, plus tard, durant la fructification sur les gousses du sol. Les dégâts observés sont caractéristiques et de deux types .

1. **Attaques des jeunes plantules durant les levées.** A ce stade du développement de l'arachide, les iules dévorent une fraction importante des cotylédons ainsi que les zones corticales des axes hypocotyles. Les vaisseaux médullaires conducteurs de la sève étant rarement touchés, les arachides attaquées peuvent survivre quelques temps. Toutefois sous les actions répétées de divers microbes et de certaines moisissures, les plantules blessées finissent par disparaître après plusieurs jours ou plusieurs semaines. Véritables portes d'entrée vers l'intérieur du végétal, ces blessures provoquées par les iules seraient en fait l'un des déterminants essentiels des fontes de semis. Les destructions de plantules notées pour les arachides cultivées au Sénégal pourraient ainsi selon Rossion (1975), réduire les densités de culture de 5 à 10 % en moyenne. Des chiffres de pertes comparables ont été trouvés en Côte d'Ivoire (Busnardo, Pollet et Adou Amalaman, 1985).

2. Attaques portées sur les coques du sol. Les coques précédemment rongées abritent parfois, après perforation, des individus de petite taille. Les graines attaquées sont consommées en partie. Elles disparaîtront plus tard en même temps que les coques sous les actions cumulées des termites, de différents Coléoptères et des champignons. D'après Masses (1981) les gousses en vieillissant se sclérifient peu à peu et perdent progressivement toute appétance. Les attaques par iules peuvent ainsi cesser 70 à 80 jours après les semis (Masses, 1981 ; Pollet, 1987).

La présence de Myriapodes *in situ*, sur ou dans les gousses, est rarement observée. Néanmoins les études des échantillons de terrain mettent en évidence l'existence de corrélations très nettes entre les symptômes d'attaques retenus (gousses percées) et les populations de iules du champ (Pollet, 1985).

Selon quelques estimations réalisées au cours des échantillonnages, les disparitions totales des coques dans le sol avant récolte, dûes aux actions des iules, pourraient réduire la production globale de près de 15 à 20 % en moyenne (Pollet, 1985 et 1987). A cela il faut encore ajouter toutes les nombreuses gousses qui, plus faiblement attaquées, vont effectivement parvenir à la récolte mais avec toutefois une plus forte probabilité d'être contaminées par les aflatoxines. Globalement l'impact économique réel des iules pourrait donc en définitive être beaucoup plus important qu'il n'y paraît à première vue.

2.3.6. Les ravageurs des stocks de gousses et graines

Le soja dont l'introduction en Côte d'Ivoire est toute récente apparaît peu attaqué. Le suivi durant plusieurs années de stocks de graines constitués sur station ne nous a fourni que quelques rares chenilles non déterminées mais appartenant probablement au genre *Ephestia*.

Le niébé se marque au contraire par des attaques considérables d'insectes, essentiellement d'ailleurs de la part des Bruches *Callosobruchus maculatus*. Ce problème d'infestation des stocks de *Vigna unguiculata* est bien connu (voir Colloque de Niamey de 1985). Le moindre sac de graines s'il n'est pas protégé se transforme en effet rapidement en un amas de débris, de poussières et d'insectes.

Principale légumineuse stockée en milieux villageois, l'arachide subit de la part des insectes et de divers autres ravageurs des pressions non négligeables. Très conscients de l'importance de ce problème. Les producteurs signalent ainsi régulièrement 3 types d'agents destructeurs :

- les rongeurs pour 88 % des stocks
- les moisissures pour 37 % des stocks suivis
- les insectes pour 58 % de ces mêmes stocks (résultats d'Enquêtes réalisées de 1983 à 1987).

Les rats et les souris, quoique les plus fréquemment cités, ne semblent pas avoir des actions bien réelles et mesurables sur le devenir des récoltes. Les pertes restent généralement faibles et les dégâts souvent bien visibles permettent de détruire les individus assez vite et avec une relative efficacité.

Les moisissures sont considérées dans toutes les zones, comme le groupe de ravageurs le moins dangereux des trois. Elles demeurent en fait assez mal perçues par les paysans. Les graines atteintes, souvent tachées, ont certes parfois un aspect et un goût qui peuvent les déprécier aux yeux des consommateurs mais ce type de situation reste cependant très exceptionnel. Les arachides moisies étant généralement peu nombreuses dans les récoltes, sont souvent négligées, voire même complètement ignorées par les producteurs. Ce choix, assez relatif il est vrai, ignore totalement les graves conséquences que peuvent avoir pour la production les activités métaboliques de certains des champignons responsables. *Aspergillus flavus*, notamment provoque en se développant sur les graines, l'apparition de toxines fongiques très dangereuses pour les utilisateurs : les aflatoxines (Lacey, Hill & Edwards, 1980). Nous en reparlerons au cours du chapitre III.

Les insectes sont représentés dans tous les stocks suivis par des populations multispécifiques

et souvent abondantes en fin de campagne. Responsables de pertes de production parfois appréciables et généralement difficiles à éliminer, ces ravageurs constituent sans doute actuellement les attaquants les plus dangereux pour le devenir des stocks villageois. Ils relèvent très classiquement de l'un ou de l'autre de deux groupes d'insectes à potentialités différentes, les ravageurs primaires et les ravageurs secondaires.

- Les insectes ravageurs primaires

Représentés dans la majorité des cas par divers lépidoptères dont surtout *Ephestia c. autella*, et plus rarement pour quelques localisations par *Caneydon serratus*, la bruche de l'arachide, les ravageurs primaires sont les seuls par définition capables d'attaquer les coques saines.

Les attaques portées par les lépidoptères se visualisent très vite par des accumulations parfois importantes de coques cassées, de débris variés et de faeces pulvérulentes, que lient de manières parfois inextricables de nombreux fils de soie.

A l'opposé *C. serratus* agit de façon plus discrète. Les minuscules trous d'entrée percées dans les coques par les néonates, lors des attaques initiales, vont constituer pendant plusieurs semaines les seuls signes extérieurs de la présence des bruches; le stock paraît alors très sain. Cet équilibre apparent se rompt rapidement vers les nymphoses. Les apparitions des trous de sortie, qui précèdent de peu les formations des cocons ovoïdes externes, vont concrétiser de façon brutale la présence du ravageur.

- Les insectes ravageurs secondaires

S'installant dans les stocks peu de temps après le début des premières attaques portées par les lépidoptères ou (et) par les bruches, les ravageurs secondaires observés en Côte d'Ivoire correspondent en fait le plus souvent à l'une ou l'autre des trois espèces suivantes :

- *Oryzaephilus surinamensis*, famille des *Silvanidae*
- *Tribolium castaneum*, famille des *Tenebrionidae*
- *Carpophilus* sp., famille des *Nitidulidae*.

Quelques formes plus rares, ont parfois été rencontrées lors du suivi de certains greniers, tels *Araecerus fasciculatus* (*Anthribidae*) vu sur des graines d'arachide conservées sur la Station IDESSA-DCV de Bouaké, ou encore *Trogoderma granarium* (*Dermestidae*) capturé une seule fois en 1984 vers la zone de Sinematiali.

Morphologiquement distinctes mais biologiquement assez proches, les espèces de ce deuxième groupe voisinent fréquemment dans les stocks. Exerçant des pressions conjointes, qui s'ajoutent aux actions des infestants primaires, ces insectes peuvent dans certains cas, conduire vers la destruction complète des stocks atteints en quelques mois.

Les populations évoluent selon un schéma assez classique. S'installant dans des coques initialement percées par les lépidoptères ou (et) par les bruches, les larves et les adultes des ravageurs secondaires achèvent de ronger les parois de gousses endommagées. Dans le même temps, abrités par des enveloppes cuticulaires qui peuvent demeurer apparemment intactes quelques temps, d'autres individus vont également tarauder les grains, et les transformer peu à peu en amas de sciures, de débris et de faeces pulvérulentes. S'écrasant ces grains libèrent ensuite une poussière jaunâtre parfois fortement nauséabonde, qui souille et déprécie le reste des coques.

Il n'est pas toujours facile, au vue des stocks villageois de coques, ou même de graines, de déterminer qui, des *Oryzaephilus*, des *Tribolium* ou encore des *Carpophilus*, dans certains cas, représentent les formes secondaires les plus dangereuses. Si les suivis au laboratoire d'arachides non décortiquées, prélevées de 1984 à 1987 dans les divers greniers ont toujours fourni des nombres importants de *Tribolium* et surtout d'*Oryzaephilus*, les *Carpophilus* observés dans ce cas restent rares. De nombreux individus de cette dernière espèce ont par contre été obtenus à partir de divers lots de semences provenant de certains villages du Centre et de l'Ouest.

2.4. CONCLUSIONS

Les résultats obtenus de 1981 à 1987 permettent donc de visualiser assez bien les faunes caractéristiques des soja, niébé et arachide cultivées et stockées en Côte d'Ivoire.

Les différences qualitatives constatées entre les faunes spécifiques des cultures sont en fait relativement réduites. Les ravageurs importants se rencontrent en effet pour la plupart, simultanément sur les trois légumineuses. Toutefois quelques rares groupes échappent, nous l'avons vu à cette règle et marquent plus spécifiquement l'une ou l'autre des trois plantes, tels par exemple les foreurs qui attaquent les gousses d'arachide en maturation dans le sol.

Il paraît possible en définitive, d'établir une sorte de bilan global d'infestation qui serait valable pour les trois cultures. La figure 2.4.1. donnée ci-après détaille ainsi par niveaux d'attaques respectifs les principaux insectes ennemis communs du niébé, du soja et de l'arachide. Ce schéma déjà entrevu précédemment (Pollet, 1982) a pu être retrouvé à maintes reprises.

Bons nombres de ces ravageurs, par suite d'une forte polyphagie, vivent aussi sur d'autres végétaux, sauvages ou cultivés, où ils causent parfois également des dégâts notables : exemples de *Nezara viridula* et de *Heliiothis armigera* sur légumineuses et sur coton (Delattre, 1973). Ces insectes sont de sucroît souvent très cosmopolites. De nombreux travaux réalisés hors de la Côte d'Ivoire, en Afrique et sur les autres continents en font souvent mention. Les références actuellement disponibles dans la littérature, pour quelques unes de ces espèces sont innombrables (Pollet, 1981 et 1982).

Ce bilan global met aussi en évidence l'existence de multiples interactions entre les faunes des légumineuses. Si il souligne également le caractère général des problèmes à résoudre, sa valeur réelle demeure cependant relative. De nombreuses données, essentielles pour la compréhension des mécanismes de populations et partant de là des infestations, n'apparaissent pas dans ce type de schéma.

Si qualitativement de nombreux ravageurs sont effectivement communs aux trois légumineuses étudiées, considéré d'un point de vue quantitatif ce bilan global n'est plus tout à fait vrai. Différents paramètres déterminés par les insectes eux-mêmes et par les caractéristiques physiologiques et (ou) phénologiques des plantes vont introduire des différenciations plus ou moins accentuées entre les faunes des trois légumineuses.

En début de végétation les analogies existantes entre les populations respectives de ravageurs du soja, du niébé et de l'arachide sont nombreuses. Toutefois à partir de la fructification l'arachide commence à se démarquer des deux autres plantes. Les maturations souterraines de ses gousses, qui suivent des fécondations généralement réalisées au-dessus du sol, constituent un ensemble de caractères propres à cette légumineuse. *Arachis hypogea* se singularise à ce stade par plusieurs ravageurs très spécifiques tels par exemple les iules, les termites et les Tenebrionides qui attaquent les gousses dans le sol.

Si l'on classe les légumineuses étudiées, par ordre de sensibilités décroissantes aux attaques des ravageurs, le niébé se place incontestablement en tête. Cette plante, qui ressent les effets des dégâts dûs aux insectes pendant la plus grande partie de son cycle de développement, se marque également par des diminutions de rendements plus conséquentes que pour les autres cultures.

Situé assez loin derrière le niébé, le soja occupe la deuxième place de ce classement. Cette plante possède une plasticité importante qui lui permet, pendant une grande partie de son cycle, de compenser et même d'atténuer les effets négatifs des attaques de bons nombres de ravageurs. Le soja ne serait en fait vraiment sensible aux insectes défoliateurs, foreurs et piqueurs que durant une courte période, qui correspond pratiquement à la floraison et à la maturation des gousses et des graines. Ce point particulier a ainsi été démontré par de nombreux auteurs tels Goodyer (1980b), Kogan et Herzog (1980) et Taylor D.E. (1980).

L'arachide se place au troisième rang de ce classement. Elle constitue aussi le cas remarquable d'une plante qui paraît finalement redouter beaucoup plus les maladies que les insectes. Diverses

viroses, certaines bactérioses et plusieurs grandes maladies cryptogamiques constituent le plus généralement les facteurs limitants les plus notables de la production de *Arachis hypogea*.

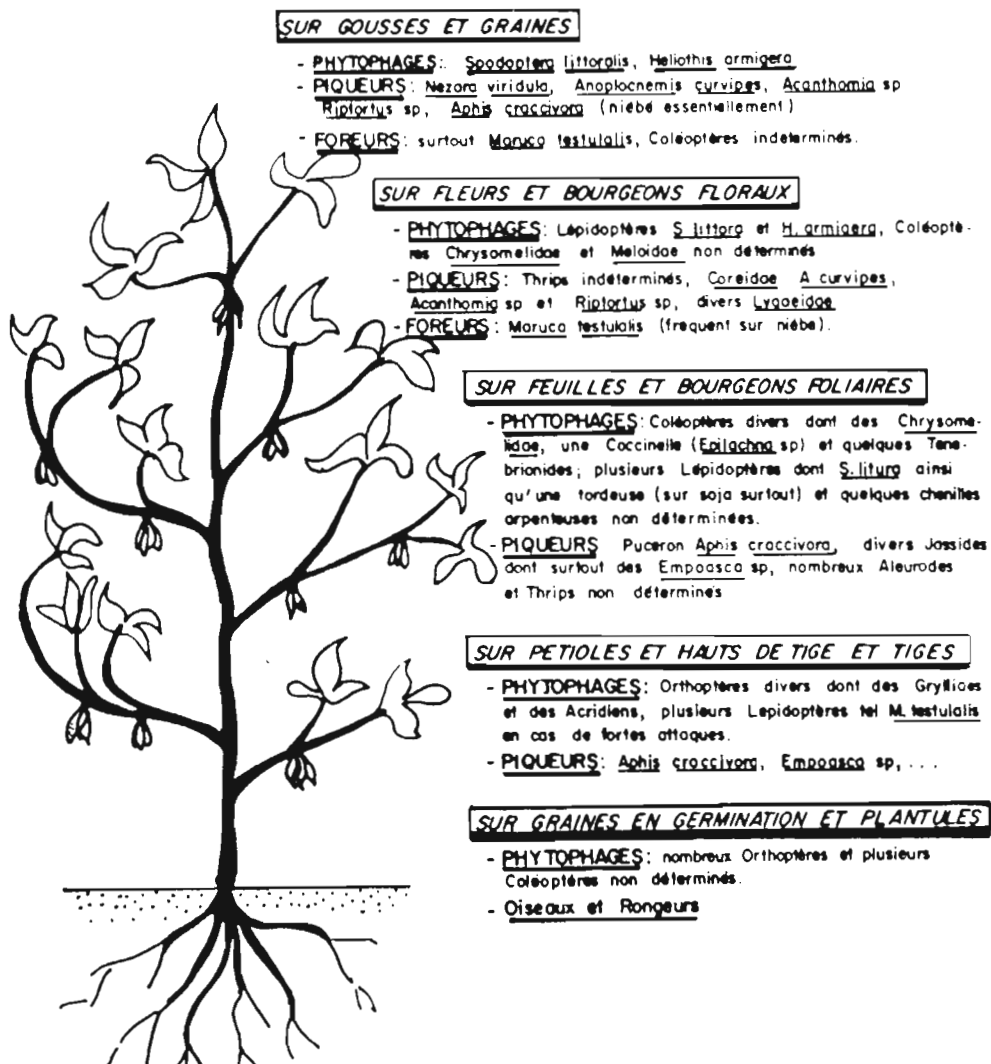
Les insectes et les arthropodes en général peuvent cependant exercer sur cette plante des pressions non négligeables. Celles-ci, très généralement, se situent sur une courte période qui équivaut, pratiquement, aux quelques dernières semaines du cycle de culture. Raheja (1975), étudiant les arachides cultivées au Nigéria, attribue aux seuls iules des destructions qui touchent 10 à 20 % de toutes les gousses du sol. Selon le Pans Manual (1973) des baisses de productions de 10 à 30 % pourraient ainsi être fréquemment liées aux attaques des termites.

Les pucerons et les jassides, paraissent également susceptibles de pouvoir agir sur l'arachide de deux manières distinctes :

- actions directes par effets cumulatifs des piqures ;
- actions indirectes par vections de certaines maladies virales.

Le meilleur exemple est évidemment constitué ici par la Rosette de l'arachide, que transmet *Aphis craccivora*.

Tableau 2.4.1. Bilan global d'infestation établis pour les trois légumineuses étudiées. Les insectes considérés ici peuvent être trouvés sur les trois plantes.



Les problèmes liés au stockage se forment différemment. Les trois plantes régissent en effet de manières distinctes et leurs divers ravageurs spécifiques ne sont pas les mêmes. Le soja très peu attaqué ne porte que quelques rares chenilles (*Ephestia* prob.). A l'opposé le niébé apparaît beaucoup plus sensible ; non protégé il peut en effet se trouver détruit en totalité en quelques semaines par des bruches. L'arachide, se place en position intermédiaire. Toutefois, bien que moyennement attaquée, elle possède cependant une faune de ravageurs secondaires et primaires relativement bien diversifiée. Cette dernière plante se marque également et même surtout par l'existence pour des stocks de gousses mal séchées et en mauvais état, d'un risque sérieux de contamination des graines par aflatoxines. Ce point essentiel qui constitue aussi un risque majeur pour les consommateurs fait l'objet du troisième chapitre qui suit maintenant .

III. LES AFLATOXINES SUR STOCKS VILLAGEOIS D'ARACHIDE

3.1. INTRODUCTION

3.1.1 Généralités.

Facteurs de risques élevés pour les consommateurs, car particulièrement cancérigènes, les aflatoxines représentent une cause importante de dépréciation des productions d'arachide et de quelques autres vivriers des zones tropicales. Ces substances sont secrétées au niveau des stocks et sous certaines conditions par plusieurs champignons du groupe des *Aspergillus*, notamment *A. flavus* et *A. parasiticus*.

A. flavus se trouve éparpillé dans le monde entier, tandis que *A. parasiticus* paraît préférer plus particulièrement les pays tropicaux. Ces deux champignons élaborent quatre aflatoxines différentes B1, B2, G1 et G2, avec dans la nature une certaine prédominance de la plus toxique d'entre elles, B1. *A. parasiticus* diffère de *A. flavus* par des synthèses plus importantes de G1 et de G2, fait qui, corrélativement, se traduit par des proportions souvent plus élevées de ces deux dernières mycotoxines dans les produits tropicaux (Rodricks, 1976; anonyme, 1985).

Les aflatoxines sont relativement stables à la chaleur. Leur décomposition ne commence qu'à partir de 250°C. Elle ne peuvent donc pas être réellement éliminées par cuisson ou par grillage des graines. Très solubles dans les solvants organiques, elles se dissolvent au contraire plus difficilement dans les milieux aqueux et lipidiques. Les quatre aflatoxines fluorescent sous U.V. (365 nm) en réagissant d'ailleurs à des rayonnements distincts tant par leurs longueurs d'onde que par leurs intensités respectives : absorption de la lumière U.V. pour des coefficients d'extinction différents.

Le seuil de tolérance que les acheteurs occidentaux retiennent actuellement pour B1, est de l'ordre de 5 à 10 ppb de toxines (ou microgrammes présents par kilogramme de graines). Ce seuil très bas, qui peut correspondre à la présence d'une seule graine moisie et même parfois moins pour 1000 graines saines (soit pratiquement aussi pour un litre d'arachide) se trouve donc facilement atteint (Diener et coll., 1982). Pour l'homme, la dose létale habituellement retenue par les auteurs serait de 0,35 mg par kilogramme de poids humain.

Les aflatoxines sont des hépatotoxiques. Les manifestations aiguës d'intoxication correspondent à des phénomènes d'hépatites, les manifestations chroniques au développement d'hépatomes. Les aflatoxines pourraient d'ailleurs jouer un rôle prépondérant dans l'étiologie des hépatomes primitifs qui frappent souvent les populations humaines de ces régions. Ces mycotoxines sont en tout cas fréquemment incriminées comme agents de cirrhoses et d'encéphalopathies infantiles : Lafont et Lafont, 1978 ; Franco et al. (1982).

Ces problèmes d'infestations par mycotoxines, très courants dans les pays tropicaux et équatoriaux, peuvent donc à terme se révéler économiquement fâcheux pour les PVD qui se consacrent déjà où qui, telle la Côte d'Ivoire, voudraient bien pouvoir se consacrer de manière plus importante à des productions d'arachide de type industriel.

3.1.2 Déterminisme des infestations par aflatoxines

Le développement des *Aspergillus*, se réalise sur des graines insuffisamment séchées (teneur en eau entre 8 % et 95 % selon Gillier, 1978 et 1986) et demande également un climat chaud et humide : températures moyennes de 25 à 30°C et humidités relatives de 75 %. Selon Burrell et al. (1964) ou Dickens et Pattel (1966), Il semble également se trouver favorisé par les attaques que certains arthropodes peuvent porter aux gousses et aux graines déjà mûres, en partie dans le sol juste avant les récoltes, puis durant les 7 à 8 premiers jours de stockage. Les punaises, au niveau des seccos (tas d'arachide en cours de séchage au champ), les acariens, les termites et surtout les iules pendant les dernières phases de cultures; et les actions spécifiques ensuite des ravageurs primaires et (ou) secondaires pendant les stockages sont ainsi souvent cités (Gilman, 1970 ; Wistrom, 1969). Pour Bockelee-Morvan et Gillier (1964), les attaques au champ des coques par les myriapodes pourraient multiplier au moins par 10 les risques de contamination des graines par les toxines.

Certains dégâts mécaniques portés aux plantes et aux gousses durant les sarclages, des plantes trop affaiblies par suite de mauvaises conditions culturales (sécheresse fortement accentuée), un séchage trop lent ou un intervalle trop important entre la récolte et le séchage sont autant de conditions qui tendent généralement à stimuler la production des toxines.

Les conditions climatiques, techniques et technologiques, réunies en Côte d'Ivoire sont finalement très favorables pour le développement de ces problèmes de toxines. Comparée au Sénégal, pays pour lequel ce problème est devenu aujourd'hui des plus sérieux, la Côte d'Ivoire se marque par un climat beaucoup plus humide et par des populations de iules et de termites également souvent plus importantes (voir chapitre 2) ; toutes conditions qui favorisent l'extension des contaminations.

En dépit de quelques études contradictoires, il ne semble pas que l'on puisse régler aujourd'hui complètement ce problème de contaminations par aflatoxines, au moyen uniquement de sélections particulières de variétés résistantes, ou peu favorables aux développements des moisissures dans les gousses et sur les graines (McDonald et Harkness, 1963). L'utilisation de variétés dites "immunes" pour réduire l'importance des contaminations, que préconisent certains auteurs tels Zambettakis et al. , (1981), se trouve actuellement remise en question par quelques études plus récentes (Mehan et al. , 1983).

La résolution de ce problème particulier, demeure en fait bien souvent purement technique et très étroitement dépendante des processus qui seront utilisés pour préparer puis conditionner les stocks durant les quelques jours qui suivent les récoltes (McDonald et Harkness, 1965 ; Davis et al., 1980 ; et Gillier, 1969 et 1986).

3.1.3. Cultures et stockages de l'arachide en milieux traditionnels

Les cultures d'arachides conservent actuellement en milieux paysans un caractère artisanal. Nous l'avons déjà signalé plus haut . Les exploitations sont ainsi de tailles souvent réduites, en moyenne 0,8 hectare par domaine pour l'ensemble du pays, et produisent aussi rarement plus de 800 à 900 kilogrammes de coques par hectare.

Au Nord, il n'y a qu'un cycle de culture. Les arachides sont semées à la saison des pluies et récoltées au début de la saison sèche. Dans cette région les arachides peuvent être bien séchées.

Par contre au Sud, deux cycles de culture successifs liés aux deux périodes pluvieuses peuvent

être réalisés. Les arachides du premier cycle souvent récoltées avant la fin de la première saison des pluies (voir plus loin) sèchent généralement assez mal. La deuxième période paraît plus favorable. Semées en octobre avec l'arrivée des pluies, les arachides seront récoltées en pleine saison sèche vers février-mars. Les séchages dans ce cas ne posent pas de problèmes.

Les régions du Centre se marquent par un climat assez aléatoire qui peut osciller d'une année à l'autre entre les types guinéen (4 saisons) et soudaniens (2 saisons). Les alternances des pluies et des sécheresses demeurent assez imprévisibles. Les calendriers de cultures sont également très difficile à établir et les séchages des arachides restent incertains (voir figures 1.2.2.).

Généralement très empiriques, les processus de stockage utilisés par les producteurs, sont également sujets à certaines variations régionales.

Dans le Nord de la Côte d'Ivoire les paysans utilisent en majorité des techniques traditionnelles et dans le cas le plus fréquent, stockent leurs récoltes à l'intérieur de greniers en terre (ou banco), dits de type "Senoufo". Certains exploitants peuvent aussi simultanément conserver une autre partie des gousses et des graines dans des poteries appelées localement "canaris". Les stockages en sacs et en magasins peuvent aussi être utilisés dans les zones du Nord. et même préférés à proximité des grands centres urbains.

Dans toutes les autres régions les réserves d'arachide constituées au village sont généralement conservées dans des sacs. Indifféremment en toile, en jute ou en fibres synthétiques (type "sac d'engrais"), ces sacs sont entreposés dans des endroits variés (Pollet, 1985).

Les gousses déjà précédemment soumises pendant les cultures aux actions des diplopodes (gousses percées) ou des termites (gousses rongées), subissent durant les stockages, d'autres pressions qui proviennent de certains insectes des stocks, ravageurs primaires ou secondaires. Ces phénomènes qu'accroissent des conditions de fortes humidités, constituent un facteur important de développement des moisissures.

3.1.4.. Les insectes et les aflatoxines

Les rôles que les insectes peuvent jouer dans la détermination de ce problème d'infestation par toxines paraît déterminante. Dans la littérature, on peut trouver de nombreuses références qui soulignent l'existence de fortes corrélations entre les dégâts des ravageurs et la présence des champignons et de leurs métabolites toxiques. McDonald et Harkness (1963, 1965) ont ainsi montré que l'état d'intégrité de la gousse influe de manière significative sur le degré de contamination des graines par les *Aspergillus*. Comparées aux graines de gousses indemnes, les arachides qui proviennent de gousses cassées et (ou) rongées sont ainsi généralement plus contaminées. Fennell et al. (1975) ont également mis en évidence une plus forte incidence des *A. flavus* sur les graines endommagées par insectes. De même que Gibbon et al. (1975) qui ont aussi démontré que les pénétrations des moisissures se trouvaient généralement fortement corrélées avec la présence au niveau des gousses de cassures ou de fractures, provoquées par des insectes ou par des actions de récolte. A l'opposé, Diener et al. (1985) n'ont pas réussi à mettre en évidence des réelles corrélations entre les dégâts par insectes et les infestations de gousses et de graines par *Aspergillus flavus*.

Un tissu de péricarpe sain et non abîmé, et donc également non attaqué par les ravageurs, constituerait selon Widstrom (1979) l'obstacle majeur opposé par les graines aux développements des champignons.

3.1.5. Méthodes de protection des stocks (contre les insectes, les champignons et les toxines)

On peut utiliser plusieurs méthodes pour prévenir les dégâts de stocks par insectes et par moisissures. Les méthodes préconisées pourront ainsi être soit préventives, afin de prévenir la croissance d'*Aspergillus flavus* sur les arachides, soit encore curatives de manière cette fois à

éliminer les aflatoxines déjà présentes.

Concernant les mesures préventives, on peut mentionner l'amélioration des conditions de séchage. Les meilleurs résultats sont obtenus ici avec un séchage rapide des arachides, qui permet de réduire le temps de production des toxines. Selon plusieurs auteurs, Gibbon et al. (1975) ; McDonald et Harkness (1965) et Burrell et al. (1964), la méthode la plus efficace (et non artificielle) de sécher les arachides consiste simplement à les disposer au soleil immédiatement après la récolte, en couches minces et sur des paillasons ou mieux sur des claies en bois, qui devront être couverts pendant la nuit et par temps de pluie.

Une autre technique efficace consiste à améliorer les conditions de stockage, par exemple en désinfectant les greniers avant arrivées des arachides ou encore en supprimant toutes causes possibles d'humidité (fuites des toitures durant les pluies,...) (Gillier, 1986). Les balayages préalables des aires de stockage sont également conseillés (Pollet et al., 1986).

Pour ce qui est des méthodes curatives, on peut intervenir par exemple en améliorant le triage. Cette technique paraît particulièrement efficace dans le cas de l'arachide. En effet, la teneur en aflatoxines de certaines gousses peut être tellement élevée (1000 p.p.m. et plus) qu'il suffit d'un faible pourcentage de ces gousses "à risque" dans un lot pour que le niveau moyen de contamination puisse dépasser largement le seuil toléré: Lafont et Lafont (1978). Bockelee-Morvan et Gillier (1974) ont défini des critères de triage à la main, avec séparation des gousses saines, cassées-percées et rongées et élimination systématique des graines de couleur anormale et (ou) portant des taches visibles provoquées par des moisissures.

D'autres moyens plus traditionnels peuvent encore être utilisés telle que la fumée des foyers. Les femmes dans ce cas font fréquemment la cuisine au-dessous ou à proximité immédiate des arachides stockées. De la cendre de bois ou (et) certains broyats de plantes contenant des substances naturelles plus ou moins insecticides (par exemple feuilles de neem séchées) peuvent être aussi ajoutés aux stocks (Pollet, 1985).

3.2. METHODOLOGIE

3.2.1. Techniques d'échantillonnages

Les études consacrées spécifiquement aux problèmes des aflatoxines sur stocks villageois d'arachide ont été menées durant deux campagnes successives de stockage, 1985-1986 et 1986-1987. Réalisées dans les seules zones arachidières de Côte d'Ivoire, soit pratiquement dans toute la moitié Nord du pays (figure 1.2.1), elles ont été mises en œuvre sur le terrain avec l'aide des 45 agents enquêteurs du réseau cellule évaluation de la CIDT (Réseau Bisson).

Le plan d'échantillonnage retenu a permis de suivre séparément, durant ces deux périodes, de multiples greniers villageois choisis au hasard au début de chaque campagne parmi les paysans techniquement les moins évolués: type culture manuelles avec tirage en moyenne de 4 greniers par Agent CIDT. Ces paysans traditionnels représentent encore aujourd'hui plus de 80% des producteurs d'arachide de la Côte d'Ivoire: production annuelle globale estimée en 1984 à près de 100.000 tonnes de gousses.

Le matériel récolté, amené au laboratoire, a été soumis à trois types d'études :

- des études entomologiques: ravageurs observés de dégâts correspondants ;
- des études phytopathologiques : champignons concernés et suivis corrélatifs du pouvoir germinatif des graines (taux de graines à germination normale, ou malades, ou avortée) ;

-des études toxicologiques : taux moyens d'infestation par mycotoxines mesurés pour les échantillons prélevés.
Les protocoles d'étude respectifs sont détaillés dans le tableau n° 3. 2.1 donné ci-après.

Tableau 3.2.1. Caractérisation des échantillonnages et des protocoles expérimentaux retenus pour réaliser les différentes études définies dans le cadre du Programme . Symboles et codes utilisés pour les différents paramètres. (selon Pollet et al. 1987).

Régions étudiées	- Toutes zones arachidières de Côte d'Ivoire soit toute la moitié Nord du Pays (envir. 150.000 Km ²)
Réseau d'échantillonnage	- Aide des 46 Enquêteurs du Réseau Recherche et Développement (M. BISSON), avec suivis par chaque Agent de 4 paysans (types "cultures manuelles"), tirés au hasard en début de campagne (tirages statistiques CIDT).
Périodes étudiées	- Stockages campagne 1985-1986 (stockages 1) - Stockages campagne 1986-1987 (stockage 2)
Rythme des échantillonnages	- Bimensuels dans toutes zones. - 8 séries de prélèvements (numérotés de 1 à 8) menés successivement en décembre, février, mars et août 1985 (stockages 1) puis en août, septembre, décembre 1986 et janvier 1987 (stockages 2)
Taille des échantillons	- 500 grammes de gousses prélevés au hasard dans tout le stock disponible lors du passage de l'enquêteur
Protocoles des études Entomo.	- Poids (ou pourcentages) estimés par sous échantillon de 100 grammes pour les groupes de gousses "saines" (S), "cassées-percées" (C-P), "rongées" (R), ou attaquées par les "Lépidoptères" (L). - Nombres de gousses estimés pour chacune des catégories précédentes utilisation des mêmes lettres symboles affectées d'un indice "n" (séparation des "cassées" Cn, et des "percées" Pn) - Estimation des poids (tot) et des nombres totaux de gousses (totn) par sous échantillon de 100 grammes - Détails des populations d'insectes observées pour chaque échantillon lors de son arrivée au laboratoire, et ensuite 15 jours plus tard. - Poids moyens calculés pour les gousses "rongées" (Rm) et "saines" (Sm)
Protocoles des études Phytopatho. (et études annexes)	- Utilisation pour chaque lot de sous échantillons de 16 graines placés en incubation pendant 4 jours à 28°C. et sur sable stérile humecté d'eau - Détermination des données suivantes: 1. % de germination normale des graines (G) 2. % de graines non germées, mais avortées (Gm), ou mortes (Xm), ou encore d'apparence normale (NG) 3. % de graines contaminées par des colonies d'Aspergillus flavus (Fla), ou de Rhyzopus sp. (Rhi)
Protocoles des études de toxines	- Constitution pour chaque lot d'un sous échantillon de 150 grammes de gousses - Maintien préalable de ce matériel en étuve à 40°. et pendant quatre jours. - Egoussage des arachides, puis broyage des graines au mixer, prélèvement de 20 grammes de farine pour extractions des toxines - Utilisation des méthodes de Wiegandt pour les préparations des extraits et pour les analyses sur HPLC.

La numérotation choisie ici pour marquer les divers échantillons, utilise un code simplifié, qui permet également, selon le découpage défini par la CIDT de distinguer les zones du Nord-Est (Bondoukou, Nassian et Téhini) des autres régions productrices de Côte d'Ivoire (voir tableau 3.2.2).

Tableau 3.2.2. : Code de numérotation utilisé en 1985-1986

storage periods	Sampling dates	set number	used interval/numbering	
			North eastern zones	all other zones
1985-1986	december 1985	1	01-100	101-200
	february 1986	2	201-300	301-400
	march 1986	3	401-500	501-600
1986-1987	august 1986	4		701-800
	september 1986	5	601-700	901-1000
	december 1986	6	801-900	1101-1200
	january 1987	7		1301-1400

Les paramètres mésoclimatiques retenus pour l'étude des échantillons se limitent aux pluies cumulées et aux nombres de jours de pluies correspondants calculés pour les 3, 6 et 8 mois qui précèdent les dates d'échantillonnages. Les données utilisées pour chaque échantillon proviennent des mesures enregistrées dans la station ANAM-CI la plus proche du lieu de prélèvement.

3.2.2. Extractions et dosages (HPLC) des aflatoxines

Deux chaînes HPLC ont été utilisées successivement au cours de ce programme pour la réalisation des dosages :

- d'octobre 1986 à janvier 1987, chaîne du laboratoire de Pharmacologie de la Faculté de Médecine d'Abidjan (Professeur Bessard);
- de février à fin août 1987 : chaîne du Laboratoire Central de Nutrition Animale (LACENA) (Drs. Coulibaly et Wiegandt).

Les 4 toxines B1, B2, G1 et G2 sont séparées ici par passage dans une colonne de silice greffée en C.18 (ODS, et références particulières dans ce cas "Ulrasphère" puis "Altex"), puis dosées ensuite en sortie de colonne, par fluorimétrie.

Malgré son degré élevé de sophistication et le coût important du matériel nécessaire pour sa mise en œuvre, cette méthode présente néanmoins de nombreux avantages liés en particulier :

- à la relative simplicité des techniques utilisables pour préparer les extraits ;
- à la rapidité de réalisation des dosages (15 à 20 minutes, depuis l'injection de l'extrait dans la phase mobile jusqu'à la sortie des données correspondantes d'intégration) ;

- à sa haute résolution sur le plan qualitatif et surtout à sa très grande sensibilité avec un seuil de détection situé vers quelques picogrammes (Wiegandt et Geiger, *in litteris*).

Le protocole expérimental retenu pour réaliser les extractions puis les mesures, est celui mis au point par Wiegandt pour le dosage des aflatoxines dans les aliments du bétail. Cette méthode qui transpose également en partie les résultats de divers auteurs (dont Larry, 1978), fournit un bon rendement d'extraction. Utilisée pour le traitement de matériels préalablement infectés de quantités connues d'aflatoxines, elle permet ainsi en moyenne de retrouver de 60 à 90 % des toxines initiales : dosages effectués sur des échantillons de farines d'arachide et de maïs préparés en 1984 et 1985 par le Centre International de Recherche sur le Cancer de Lyon.

Le dosage des toxines réalisé pour chacun des prélèvements "stocks" unitaire de 500 grammes d'arachide, utilise un sous échantillon de 100 grammes de gousses. Ce sous échantillonnage particulier est mis en place dès l'arrivée des arachides au laboratoire (voir tableau 3.2.1). Immédiatement placé en étuve pendant 4 jours et à 40°C, ce matériel est ensuite égoussé. Les lots obtenus, en moyenne 70 à 80 grammes de graines, sont également stockés en étuve avant utilisation.

Les opérations d'extraction débutent par un broyage au mixer de la totalité des graines du sous échantillon considéré. 20 grammes de "farine" d'arachide prélevés dans ce broyat sont ensuite mis à macérer durant 12 heures, dans une solution de 100 ml de méthanol-eau (8/2).

Après filtration de cette solution sur un papier filtre de type "bande bleue" (voir ci-après), la moitié de l'extrait résultant (50 ml), est traité pendant 15 minutes avec 40 ml de réactif de précipitation (voir ci-après). Cette opération permet d'éliminer les lipides.

Le mélange "solution-réactif" est ensuite repris, et filtrée à nouveau, mais cette fois sur un papier de trame plus fine, de type "bande blanche" (voir plus loin). Le filtrat obtenu est placé en ampoule à décanter, avant d'être soumis à trois extractions successives par chloroforme (10 ml de CHCl_3 à chaque fois).

Les trois extraits successifs réunis puis placés dans un ballon de 50 ml, à col rodé, sont enfin concentrés par passage dans un évaporateur rotatif. Le résidu obtenu est repris dans 0,4 microlitre d'acide trifluoroacétique (TFA), ce traitement qui permet de "dérivée" les toxines B1 et G1 par hydratation de la double liaison a pour effet particulier d'accroître les fluorescences spécifiques des substances et donc de faciliter leurs identifications respectives en fluorimétrie.

Le volume de 0,4 ml de résidu traité, est complété à 5,0 ml au moyen de 4,6 ml de phase mobile constituée d'eau distillée, de méthanol absolu et d'acétonitrile dans des proportions respectives de 6/2/2.

Après une dernière filtration avec une seringue polycarbonate (voir plus loin), ces 5,0 ml sont finalement stockés au froid.

Les dosages des toxines contenues dans les échantillons seront réalisées ultérieurement sur HPLC, par injections dans la phase mobile et à l'entrée de la colonne, de quantités unitaires de 20 microlitres de solutions.

Pour mémoire, les références du matériel utilisé sont définies comme suit (Lisdonk, 1987 ; Harkema, 1987):

a) Chaîne HPLC de la Faculté de Pharmacologie (octobre 1986 à janvier 1987) :

- HPLC système Beckmann, équipée de deux pompes 110A, boucle fixe de 20 microlitres , injecteur Rhéodyne,
- Colonne ODS, 250*4,6 mm, 5 microns, type "ultraphère", avec précolonne 4,6*45 mm ODS,
- Détecteur de fluorescence Shimadzu (excitation 365 nm ; Emission 430 nm).
- Intégrateur Shimadzu.

b) HPLC du Laboratoire Nutrition Animale (février à septembre 1987):

- 2 pompes Beckman 110A ;

- Détecteur de fluorescence Bekman 157 (range : 0,5, excitation 365 nm, émission 430 nm) ;
- Contrôleur Beckman 421 ;
- Intégrateur Hewlett Packard 3390A ;
- Enregistreur Kipp & Zonen BD 41 ;
- Injecteur Altex 210A Valve ;
- Colonne en silice greffée C-18, de type Altex Ultrasphère ODS 250*4,6 mm, dp 5 microm., avec précolonne ODS 50*4,6 mm.

c) Matériels standard utilisés dans les deux cas :

- Papier filtre : Schleicher & Schüll, bande bleue (ref. n°. 300211), et bande blanche (ref. n°. 314811) ;
- Broyeur : Krupps, type 240 ;
- Evaporateur rotatif : Heidolph 94200 ;
- Seringue polycarbonate membrane filtrante en acétate de cellulose, pores de 0,45 microns (Sartorius réf. SM. 165. 17E et SM.111.06) ;
- Réactif de précipitation : 15 g $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ + 5 g acide phosphorotungstique H3P (W3010)-4 H_2O dans 1000 ml H_2O ;
- Chloroforme (Merck 2445) ;
- Acide trifluoracétique (TFA, Merck art. 808260) ; - Phase mobile : 1000 ml = 600 ml H_2O bidistillé + 200 ml méthanol (Merck 6009) + 200 ml acétonitrile (Merck 30) ;
- Aflatoxines standards : Carbiochem 10 mg AFB1 n° 121741; 10 mg AFB2 n° 171743; 10 mg AFG1 n° 121748; 10 mg AFG2 n° 121749.

3.3. RESULTATS ET DISCUSSIONS

Sept séries de prélèvements ont été réalisées dans l'ensemble des zones arachidières du pays au cours des deux campagnes de stockage de 1985-1986 et de 1986-1987; ce qui dans le détail correspond à trois séries consécutives dans les mêmes greniers pour la première campagne et à quatre séries pour la deuxième (voir Tableau 3.2.2.).

Au total 434 échantillons, provenant de stocks villageois et 72 autres prélevés sur divers marchés de villes et de villages ont été analysés. Ces mesures assurées par deux Nutritionnistes de l'Université de Wageningen, Lisdonk E. et Harkema J., représentent un énorme travail; pour chaque dosage il faut en effet compter pratiquement 20 minutes entre l'injection de l'extrait dans la phase mobile et la sortie des résultats par fluorimétrie.

Considérés globalement pour les deux périodes étudiées, 8% des stocks villageois apparaissent ainsi contaminés par au moins 250 ppb (valeur seuil de forte toxicité) ou plus de toxines, toutefois 73% de ces mêmes stocks ne dépassent pas les 10 ppb, seuil de sécurité pour les aliments humains selon les normes CEE. Ces mêmes pourcentages, calculés pour les échantillons des marchés sont respectivement de 10% et de 71 % (voir tableau 3.3.1).

En considérant maintenant séparément les deux campagnes de stockage, on peut cette fois observer une assez grande différence quant aux contaminations trouvées. L'état sanitaire des stocks de la campagne 86-87 paraît plus mauvais. D'une manière générale les taux moyens de contaminations observés sont effectivement beaucoup plus importants pour cette deuxième période (tableau 3.3.2).

Les causes de ces différences peuvent être multiples. Il n'y a aucune raison de croire ici que le changement d'appareillage HPLC, intervenu à la fin de la première campagne ait pu influencer de quelques façons que ce soit sur les mesures des taux de contamination. Les deux chaînes HPLC sont peu différentes l'une de l'autre et les techniques utilisées pour les extractions et pour les dosages sont identiques dans les deux cas. Ces dosages sont également aisément reproductibles sans difficultés particulières, un test réalisé en cours d'expérimentation l'a montré (tableau 3.3.7.).

Les divers prélèvements de 86-87 sont en fait généralement beaucoup plus hétérogènes que ceux de la campagne précédente; de plus grandes divergences peuvent ainsi être notées entre les échantillons qui proviennent des mêmes zones. Le soin mis par certains Enquêteurs à réaliser les échantillonnages aux dates prévues paraît également moindre pour cette deuxième période, et les acheminements de certains des lots se sont parfois trouvés retardés pour des raisons diverses.

Ces lots de 1986-1987 contiennent aussi généralement plus de gousses en mauvais état, soit rongées ("R"), ou cassées ("Cn"), et les variances obtenues pour les diverses moyennes sont également beaucoup plus importantes. Ce point particulier souligne aussi la plus grande hétérogénéité structurelle des échantillonnages de cette deuxième période (tableau 3.3.3).

Le sens et l'ampleur des variations notés au cours du temps pour quelques paramètres de stockage diffèrent également pour les deux campagnes: réductions sensibles des poids de gousses saines ("S") et augmentation des poids de gousses rongées ("R") en 1985-1986; apparition de variations souvent exactement inverses pour la période suivante mais dans ce cas, rappelons le, avec des valeurs moyennes de départ différentes et de plus fortes variabilités dans l'échantillonnage. Cette constatation vaut en général pour l'ensemble des zones de la Côte d'Ivoire (tableau 3.3.3).

Toutefois l'un des facteurs de variations les plus importants paraît être ici essentiellement d'ordre pluviométrique. Pour la plupart des stations de références qui ont été considérées, 1986 marque un très net fléchissement par rapport à 1985 des quantités de pluies effectivement tombées

tout au long de l'année : réduction moyenne et significative de 275 mm, des pluviométries annuelles mesurées pour l'ensemble des Stations (test des moyennes appariées, probabilité de 0,0001) (Tableau 3.3.4.)

Ce facteur pluviométrique nous le verrons, joue généralement sous plusieurs formes un grand rôle dans les régressions multiples qui lient les aflatoxines à divers paramètres de stockage et de milieux. Il contribue souvent pour une part importante des variations expliquées. Il agit également en déterminant les activités réelles des populations de ravageurs du champ (termites, iules,...). L'étude dans le cas des données de 1985-1986, de la régression simple qui lie le facteur "rongées" aux pluies cumulées pour les 8 mois qui précèdent chaque échantillonnage, souligne ainsi l'existence d'une relation significative et inverse (signe négatif du facteur Bêta correspondant). Tout déficit de pluie pendant la culture aurait ainsi pour corollaire une augmentation sensible des taux de gousses rongées (tableau 3.3.5).

Tableau 3.3.1: Distributions relatives des greniers et des stocks de marché échantillonnés, par rapport aux valeurs seuils remarquables retenus par Gillier (1986). Les taux d'infestations calculés correspondent aux sommes des quatre toxines (en ppb ou microgrammes d'aflatoxine par kilogramme de graines d'arachide).

STOCKS VILLAGEOIS			
Intervalle de définition (ppb)	Caractéristiques	nombre	%
> 1000	très forte toxicité	19	4,4
250 - 1000	forte toxicité	15	3,5
50 - 250	toxicité moyenne	29	6,7
10 - 50	faible ou nulle	54	12,4
< 10	< seuil sécurité CEE	317	73
	TOTAL=	434	100
STOCKS de MARCHÉ			
Intervalle de définition (ppb)	Caractéristiques	nombre	%
> 1000	très forte toxicité	3	4,2
250 - 1000	forte toxicité	4	5,6
50 - 250	toxicité moyenne	6	8,3
10 - 50	faible ou nulle	8	11,1
< 10	< seuil sécurité CEE	51	70,8
	TOTAL=	72	100

Tableau 3.3.2. Distributions relatives des stocks suivis, pour les campagnes de 1985-1986 et de 1986-1987. Mêmes indications que pour le tableau précédent.

Intervalle de définition (ppb)	Caractéristiques	STOCKS 85-86		STOCKS 86-87	
		(nos. 1 - 599)	(nos. 601 - 1399)	(nos. 1 - 599)	(nos. 601 - 1399)
		nombre	%	nombre	%
> 1000	très forte toxicité	9	4	10	4,8
250 - 1000	forte toxicité	3	1,3	12	5,8
50 - 250	toxicité moyenne	14	6,2	15	7,2
10 - 50	faible ou nulle	31	13,7	23	11,1
< 10	< seuil sécurité CEE	169	74,8	148	71,2
	TOTAL=	226	100	208	100,1

Tableau 3.3.3: Evolutions de divers paramètres notées pour les deux campagnes de stockage considérées. Tests des moyennes appariées. Les comparaisons à effets significatifs sont marqués en caractères gras et par l'indication (X).

sampling data / storages 1985-1986						
North eastern zones of Ivory Coast						
studied parameters	calculated means	Variance	storage numbers	compared means	paired mean numbers	two tailed probability
S1	74,6	209,4	76	S1/S2 (X)	62	0,07%
S2	67,9	382,5	63	S1/S3	27	30,00%
S3	72,5	310,6	28	S2/S3	24	56,00%
R1	15,1	198,5	76	R1/R2	62	21,00%
R2	17,1	281,5	63	R1/R3	27	90,00%
R3	15,5	161,6	28	R2/R3	24	95,00%
Cn1	1,316	2,67	76	S1m/S2m	62	17,00%
Cn2	0,9	2	63	S1m/S3m	24	54,00%
Cn3	1,3	2,3	28	S2m/S3m	24	86,00%

all other groundnut zones						
S1	70,9	207,9	88	S1/S2 (X)	70	3,00%
S2	67,4	191,4	71	S1/S3 (X)	33	3,00%
S3	66,36	341,6	34	S2/S3	32	45,00%
R1	15,96	153,9	88	R1/R2 (X)	70	3,00%
R2	19,25	120,8	71	R1/R3 (X)	33	5,00%
R3	19,76	188,2	34	R2/R3	32	45,00%
Cn1	2,09	8,01	88	Cn1/Cn2 (X)	70	5,00%
Cn2	0,87	1,26	71	Cn1/Cn3 (X)	33	5,00%
Cn3	1,12	1,9	21			

sampling data / storages 1986-1987						
North eastern zones of Ivory Coast						
studied parameters	calculated means	Variance	storage numbers	compared means	paired mean numbers	two tailed probability
S1	65,5	299	50	S1/S2	23	42,00%
S2	67,6	278,7	24			
R1	24,9	219,6	50	R1/R2	23	66,00%
R2	24,3	290,1	24			
C-P1	7,6	18,7	50	C-P1/C-P2	23	25,00%
C-P2	14,6	90,1	63			
Cn1	8,8	55,2	50	Cn1/Cn2	23	51,00%
Cn2	9,2	58	24			

all other groundnut zones						
S1	63	332,1	67	S1/S2 (X)	50	3,00%
S2	68,3	219,6	67	S1/S3 (X)	17	1,50%
S3	69,7	207,3	42	S1/S4	5	17,00%
S4	67,9	176,2	32	S2/S3 (X)	21	2,00%
				S2/S4	13	99,00%
				S3/S4	15	91,00%
R1	26,5	227,3	67	R1/R2 (X)	50	3,00%
R2	21,6	176,7	67	R1/R3 (X)	17	4,00%
R3	20,9	154,4	42	R1/R4	5	20,00%
R4	25	154,2	32	R2/R3	21	12,00%
				R2/R4	13	49,00%
				R3/R4	15	34,00%
Cn1	5,7	158	66	Cn1/Cn2 (X)	49	1,00%
Cn2	11,2	127,78	67	Cn1/Cn3 (X)	17	72,00%
Cn3	7	61,6	42	G1% / G4%	5	9,60%
Cn4	9,4	34,8	32	Cn2/Cn3	21	12,00%
				Cn2 /Cn4	13	16,00%
				Cn3/Cn4 (X)	15	4,00%

Tableau 3.3.4.: Précipitations annuelles (mm) enregistrées en 1985 et 1986 dans les 29 Stations de références considérées (réseau ANAM - CI)

STATION	1985	1986
Bangolo	1381	565
Béoumi	1544	962
Biankouma	1492	1590
Bondoukou	1130	841
Bouaflé	1484	939
Bouaké aero	1424	1019
Bouna	1100	874
Boundiali	1428	1292
Dabakala	1185	914
Daloa	1285	1155
Dianra	1285	1193
Dimbokro	1164	857
Gagnoa	1366	1032
Goulia	1321	952
Katiola	923	853
Korhogo	1426	1277
Madinani	1416	1308
Man aero	1721	1336
Mankono	1225	977
Niakaramandougou	1214	1028
Niofoin	1565	1178
Odienné	1099	1015
Sarhala	1091	849
Sinematiali	1106	1237
Sirasso	1506	1117
Tehini	1170	364
Touba	1481	1426
Yamousoukro	1251	907
Zouenoula	1128	865

Tableau 3.3.5: Relation liant les pluies cumulées sur 8 mois avant échantillonnage et le facteur "rongées". Effet significatif au seuil de 5 % pour F= 3,89

Simple Regression X₁: Plules 8 Y₁: Rong.

DF:	R:	R-squared:	Adj. R-squared:	Std. Error:
225	.159	.025	.021	12.459

Analysis of Variance Table

Source	DF:	Sum Squares:	Mean Square:	F-test:
REGRESSION	1	896.732	896.732	5.776
RESIDUAL	224	34773.328	155.238	p = .0171
TOTAL	225	35670.06		

No Residual Statistics Computed

Simple Regression X₁: Plules 8 Y₁: Rong.

Beta Coefficient Table

Parameter:	Value:	Std. Err.:	Std. Value:	t-Value:	Probability:
INTERCEPT	23.952				
SLOPE	-.008	.003	-.159	2.403	.0171

Confidence Intervals Table

Parameter:	95% Lower:	95% Upper:	90% Lower:	90% Upper:
MEAN (X,Y)	14.647	17.913	14.911	17.649
SLOPE	-.015	-.002	-.014	-.003

Ces différences structurelles qui séparent les stocks villageois des deux périodes considérées rendent finalement impossible la mise en oeuvre d'une étude globale des phénomènes par traitement en commun de l'ensemble des données rassemblées en 1985 - 1986 et en 1986 - 1987. Par suite, les recherches statistiques des corrélations éventuelles qui peuvent exister entre les taux d'infestations par toxines et divers paramètres de stockage quantitatifs et qualitatifs, doivent donc être effectuées séparément pour chacune des deux périodes.

Plusieurs régressions multiples intéressantes ont pu être mises en évidence pour les données de 1985-1986. L'une d'elles permet ainsi d'expliquer près de 21% des variations observées (annexe 3.1.)

Avec une valeur de F qui est ici de 6,03 la régression totale obtenue dans ce cas, apparaît significative au seuil de 5%. Les 8 variables prises en compte fournissent toutes des régressions partielles très significatives à savoir le nombre de gousses cassées (Cn), le nombre de gousses saines (Sn), le poids de gousses rongées par termites (Rong), les arcsinus des pourcentages de gousses contaminées par les *Aspergillus spp* (ASIN (Fla)), ou mortes sous l'effet de diverses autres moisissures telles *Rhizopus* (ASIN (M)), la quantité moyenne journalière de pluie tombées

pendant les 6 mois précédant le prélèvement de chacun des échantillons (PL6/J6), les pluviométries cumulées observées (Pluies 3) ainsi que le nombre réel de jour de pluies (J3) mesurés pendant les 3 derniers mois avant échantillonnage, et enfin les variations relatives comparées des pluviométries notées pendant ces mêmes 3 et 6 mois précédents (P(6-3)/P3).

Les signes des coefficients bêta obtenus pour ces variables sont assez logiques et l'ensemble permet ainsi d'interpréter près de 21% de la variance observée et cela avec des interactions entre les paramètres qui demeurent généralement non significatives: redondance notée dans ce cas uniquement entre J3 et PL6/J6 (Annexe 3.1., voir matrices des corrélations correspondantes)

Ainsi de fortes valeurs pour les variables "Rong" (poids de gousses endommagées par termites) et "Sm" (poids moyen des gousses saines) favorisent les contaminations, de même d'ailleurs que pour "ASIN(Fla)", paramètre qui indique une présence effective de colonies d'*Aspergillus spp* dans les stocks. A l'opposé des lots qui contiennent des nombres trop élevés de gousses moisies ("Asin(M)") ou (et) cassées ("cn") se trouveront généralement moins infestés.

Les pluviométries jouent aussi des rôles essentiels dans le déroulement des phénomènes d'infestations. Les pluies tombées durant les trois mois qui précèdent chaque échantillonnage de même que les nombres de jours de pluies correspondants agissent ainsi de manière significative et directe ("pluies 3" et "jour 3"). Par contre cumulées sur les 6 ou 8 mois précédents, le paramètre "pluies" intervient cette fois de manière inverse et tend ainsi pour les plus fortes pluviométries à réduire le risque "aflatoxines" ("P(6-3)/P3"). Dans ce dernier cas il y a probablement eu confusion au niveau des calculs des périodes de cultures et de stockage. De fortes pluies durant les cultures (périodes de pluies cumulées supérieures à 3 mois) favorisent effectivement l'apparition de gousses saines plus résistantes et réduisent également l'importance des dégâts de termites (gousses "rongées"), nous l'avons vu plus haut.

Les paramètres non entrés dans cette régression particulière ne doivent pas être négligés. Ils peuvent en effet jouer des rôles sensibles dans d'autres combinaisons. Tels par exemple l'âge des stocks (âge) qui peut constituer parfois dans certaines équations de régressions le facteur de variation le plus important ou encore mais plus faiblement la taille des réserves restantes ($\log(1+stk)$), notée lors de chaque prélèvement (exemple de la régression de l'annexe 3.2.). Ces deux derniers facteurs agissent d'ailleurs dans ce cas tous deux négativement sur le développement des toxines.

Cet effet particulier dû au "vieillessement" des arachides stockées qui paraît permettre une réduction graduelle du risque "aflatoxines" correspond à un phénomène simple fréquemment noté: diminution progressive au cours du stockage des taux d'arachide à coques endommagées (et donc dangereuses) sous les actions conjuguées de plusieurs ravageurs et sans doute aussi à la suite de tris opérés par certains producteurs. Ce phénomène de destruction progressive des toxines en cas de conservation prolongées des stocks est connu. Plusieurs auteurs y voient aussi la conséquence particulière d'une certaine détérioration des acides gras liée au vieillissement des graines (Walking, 1971; Baur, 1975; ou Diener et al., 1982).

Pour la deuxième période la recherche de corrélations intéressantes fournit des résultats un peu différents. Les variables considérées dans les différentes combinaisons ne sont plus tout à fait les mêmes que pour 1985-1986. La régression prise ici comme exemple (annexe 3.3) souligne ainsi très particulièrement les facteurs "présence des *Aspergillus*" (ASIN(Fla)), "âge des stocks" et surtout les quantités des pluies observées de 8 à 3 mois avant les échantillonnages (PL8-PL6). Lié peut être au plus mauvais état général de la grande majorité des stocks de cette deuxième période, le facteur "gousses rongées" paraît avoir perdu de son importance. Si le F de la régression totale demeure encore ici très significatif ($F=6,008$), quelques uns des paramètres retenus dans l'équation paraissent peu influents. Le coefficient de corrélation R reste significatif ($R=0,394$) mais le pourcentage de variance expliqué par l'ensemble n'est plus maintenant que de 15,5% contre plus de 21% en moyenne pour 1985-1986.

Il faut cependant noter pour les deux périodes une constance très remarquable dans la nature des signes "+" ou "-" qui affectent les coefficients Bêta des différentes variables, que ces dernières d'ailleurs soient prises en compte ou non dans les équations. Ces résultats que résume le tableau 3.3.6 permettent de préciser les rôles réels respectifs, que les divers facteurs considérés peuvent avoir dans le développement des contaminations de stocks par toxines.

Ainsi le cas le plus favorable pour la production des toxines serait représenté ici par un échantillon provenant d'un petit stock villageois ($-\log(1+stk)$), constitué depuis peu ($-\text{âge}$), et comprenant une proportion importante de grosses gousses saines ($+Sm$) mais aussi beaucoup de rongées ($+rong$) et de percées ($+Pn$), et assez peu de cassée ($-Cn$). Ce stock situé préférentiellement dans une région à pluviométries annuelles assez fortes ($+PL3$ à $PL8$), devrait également avoir été constitué peu de temps après de fortes pluies ($+PL3$) et être issu de cultures marquées par un certain déficit de pluies ($-(P8-P3)$) s'opposant à $+(P6-P3)$.

Tableau 3.3.6.: Actions respectives directe (+) ou inverse (-) sur les productions d'aflatoxines, des principaux paramètres de stockage considérés. Les symboles et notations utilisés dans les équations sont également indiqués.

sous échantill. unitaire	Paramètre de stockage considéré	symboles utilisés dans les équations	effet observé
100 grammes de gousses	- poids gousses rongée	Rong.	+
	- poids de gousses saines	saines	+
	- poids de gousses cassée ou percées	Cas. Perc.	-
	- nombres de cassées	Cn	-
	- nombres de percées	Pn	+
	- nombres de saines	Sn	+
	- nombres gousses / échantillon	totn	+
	- poids moyen des gousses saines	Sm	+
16 graines mises en germination	- taux de graines non germées	NG (par ASIN(NG))	+
	- taux de graines germées	G (par ASIN(G))	-
	- taux de graines mortes	M (par ASIN(M))	-
	- taux de graines avec aspergillus	Fla (par ASIN(Fla))	+
	- taux de graines avec Rhizopus	Rhi (par ASIN(Rhi))	-
stock du paysan	- age du stock considéré	âge	-
	- importance du stocks restant	stk (par $\log(1+stk)$)	-
données pluviométriques	- pluies cumulées/ 3 mois avant échantill.	Pluie 3 ou PL3 ou P3	+
	- pluies cumulées/ 6 mois avant échantill.	Pluie 6 ou PL6 ou P6	+
	- pluies cumulées/ 8 mois avant échantill.	Pluie 8 ou PL8 ou P8	-
	- pluies quotidienne/ 3 mois avant échantill	PL3 / J3	+
	- pluies quotidienne/ 6 mois avant échantill	PL6 / J6	-
	- pluies quotidienne/ 8 mois avant échantill	PL8 / J8	-
	- nb. jours de pluies / 3 mois avant échant	Jour 3 ou J3	+
	- nb. jours de pluies / 6 mois avant échant	Jour 6 ou J6	-
- nb. jours de pluies / 8 mois avant échant	Jour 8 ou J8	+	
- variations relatives des pluies durant les 6 et 3 mois avant échantill.	$(P6 - P3) / P3$	-	

Deux tests statistiques différents, le "Wilcoxon signed-rank test" et le "Paired t-test", ont été utilisés pour tester l'effet de l'âge réel des stocks sur les aflatoxines. Les comparaisons portent ici sur les observations réalisées à plusieurs reprises dans les mêmes stocks, en général de deux en deux mois (Annexes 3.4.).

Pour le "Wilcoxon signed-rank test" la valeur de Z absolu devrait dans ce cas être plus grande que 1,96, ce qui n'est réalisé pour aucun des trois ensembles considérés. Le "paired t-test", aboutit à la même indécision au seuil de 5%. Au regard des ces deux tests le facteur temps ne

paraît donc pas avoir d'effets très significatifs sur l'évolution des taux de toxines. Ce paramètre qui semble pourtant essentiel si l'on se réfère à certaines des régressions multiples étudiées, agit sans doute de manière complexe dans le cadre de systèmes de variables associées.

Les actions inverses que paraissent jouer ici les tailles particulières des réserves ($\log(\text{Stk}+1)$) sur le développement des contaminations ($\log(\text{B}+1)$), dénotent certainement l'existence chez les grands producteurs, d'une meilleure technicité pour mener les cultures et pour gérer les stocks: séchages plus rapides des récoltes, tris également plus fréquents, et corrélativement mouvements plus importants de ces réserves qui peuvent en particulier servir à approvisionner les marchés des villes et des villages.

Une analyse factorielle des variances observées permet de montrer l'existence d'effets significatifs sur les productions d'aflatoxines de la localisation des greniers et des méthodes de stockage utilisées

Pour ce qui est des localisations de greniers, l'étude des 9 zones géographiques qui correspondent aux régions arachidières de Côte d'Ivoire montre que les zones Centre-Sud (CS), Centre-Est (CE) et Centre (C) sont les plus contaminés. Par contre, les zones Nord (N), Centre-Nord (CN) et Nord-Est (NE) apparaissent beaucoup moins infestées (annexe 3.5.a). Au seuil de probabilité de 5%, les différences entre N et CS, N et C, N et CE, CN et CS, CN et C, NE et CS et finalement NE et C sont significatives. Ces constatations ne sont pas surprenantes, elles étaient en fait très prévisibles. Au centre du pays, toutes les arachides stockées proviennent du premier cycle de culture (le deuxième cycle est réservé en priorité à la spéculation principale du paysan, souvent du coton) et ont, donc, été récoltées pendant la première saison des pluies. Cette récolte est d'ailleurs bien souvent anticipée pour permettre l'installation de la deuxième culture avant la fin des dernières pluies. Après arrachage des pieds, les gousses, selon les techniques traditionnelles, sont laissées sur le sol du champ pour sécher. Ce séchage ne se réalise donc pas toujours très bien ce qui permet dès lors le développement de moisissures et par conséquent une production accrue de toxines. En outre, pour les régions du Centre, à la différence des zones du Nord, l'arachide reste une plante assez nouvelle, dont les paysans ne connaissent pas encore toutes les meilleures techniques de culture et de stockage.

Pour ce qui concerne les méthodes de stockage, 7 méthodes différentes ont pu être notées chez les paysans suivis. Deux techniques prédominent nettement, 58% des producteurs utilisent des sacs, de toile, de jute ou de fibres synthétiques et 32%, des greniers traditionnels en terre ("banco") (tableau annexe 3.5.b.). La conservation des arachides en sacs ou à même le sol dans certaines pièces fournit les plus mauvais résultats. La technique la plus appropriée serait ici le grenier en banco. Cette variation n'est sans doute pas liée directement à la méthode de stockage utilisée. C'est surtout au Nord en effet que l'on stocke les arachides dans les greniers de type "banco", et c'est également dans ces zones que l'on cultive traditionnellement l'arachide depuis longtemps. De plus, en général, pour de simples raisons climatiques les conditions de séchage sont également mieux assurées dans le nord du pays (Pollet in litteris).

Selon les fiches d'enquête certains paysans déclarent trier régulièrement leur stocks et cela après balayage ou non des aires de stockage, d'autres ne font rien. Les Tests Factoriels utilisés pour tester les influences que peuvent avoir ces actions de tri ou de balayage sur l'évolution des taux de toxine, ne fournissent pas de résultats significatifs au seuil de 5%. Les triages et balayages sont peut être restés trop partiels, et (ou) les indications notées par les enquêteurs trop inexacts.

Les divers résultats obtenus dans le cadre de cette étude peuvent donner lieu à quelques critiques, déjà notées par Pollet et al. (1987)

Concernant l'échantillonnage proprement dit, quelques unes des mesures de toxines sont peut-être sujettes à caution, témoin par exemple le stock n°9 apparemment contaminé à plus de 15.000 ppb de B1 en décembre 1985, mais retrouvé parfaitement sain deux mois plus tard (n°209). L'infestation des stocks pouvant être très "localisée", un échantillonnage mal fait peut donc influencer fortement les taux d'aflatoxines observés.

La taille des échantillons (500 gr) peut aussi constituer une cause d'erreur. En effet d'après une étude due à Noirod (in litteris), l'appréciation du risque "seuil" de 5 à 10 microgrammes de toxine par kilogramme de graines (5 à 10 ppb),

- avec un risque statistique de se tromper de moins de 5%,
 - et en admettant également que la population de graines contaminées se distribue selon une loi de Poisson,
- demanderait des prélèvements d'au moins 7 kilogrammes de gousses par échantillon.

Cette obligation se révèle totalement irréaliste, et cela au moins pour deux raisons essentielles:

- les stocks sont généralement assez petits, parfois 150 kilogrammes par famille et même moins et de tels prélèvements auraient pour effet de diminuer trop rapidement les réserves disponibles.
- d'autant qu'il s'agit là en plus de réserves destinées à la consommation et non constituées pour les besoins de la recherche.

Ce prélèvement de 500 grammes, représente finalement l'échantillon moyen acceptable par les paysans. La signification précise des informations qu'il nous apporte dans chaque cas dépend donc étroitement du taux réel d'infestation par toxines du stock concerné. Cette valeur détermine très directement l'amplitude de l'intervalle de sécurité utilisable pour les mesures. L'étude de Noirod permet ainsi de montrer que la mise en évidence d'une infestation réelle de 10 ppb, qui serait tentée uniquement à partir d'un échantillon de 500 grammes de gousses d'arachide implique un risque statistique moyen de 35% environ, ce qui en d'autres termes équivaut au risque statistique d'obtenir une valeur biaisée pour une mesure sur trois.

Les fiabilités respectives de la méthode d'extraction et des techniques d'échantillonnage utilisées pour constituer les lots à extraire, ont été testées au moyen d'expériences simples.

Pour ce qui est de l'échantillonnage proprement dit, le test utilisé a consisté ici à prélever dans un lot de quelques kilogrammes de gousses d'arachide provenant de Tanda (Nord-Est), 10 échantillons de 50 grammes. Après broyages séparés, 20 grammes de "farine" sont ensuite prélevés dans chacun d'eux pour les extractions. Les résultats sont assez explicites (Tableau 3.3.7.). Bien que le nombre d'échantillons considéré ici ne soit pas très grand, l'existence réelle d'un risque "échantillonnage" se trouve confirmé par cette expérience. Pour réduire cet effet de l'hétérogénéité des lots il importe donc de bien mélanger chaque lot avant de prélever l'échantillon.

La méthode d'extraction a également pu être testée. 500 g de gousses pris dans ce même lot de Tanda ont été broyés ensemble. 10 échantillons de 20 grammes prélevés à partir de la "farine" obtenues sont également utilisés pour les extractions. Les résultats obtenus dans ce dernier cas démontrent la fiabilité de la méthode retenue qui permet à partir d'un lot de farine préalablement mélangé de manière bien homogène, d'obtenir pour plusieurs échantillons, des résultats très semblables (Tableau 3.3.7.). L'exécution des processus techniques nécessaires à sa mise en oeuvre paraît donc correcte.

Tableau 3.3.7. Effets comparés de l'échantillonnage et de la méthode d'extraction sur les résultats des dosages.

Variations observées			
test de l' échantillonnage		test de la méthode d'extraction	
n°	B1 (ppb)	n°	B1 (ppb)
1	1749,06	1	244,25
2	45,29	2	244,00
3	5,96	3	249,05
4	0,00	4	144,27
5	0,00	5	206,46
6	0,00	6	214,55
7	0,00	7	227,26
8	0,00	8	237,46
9	0,00	9	224,27
10	0,00	10	210,51

Les résultats concernant la détection des champignons sur les graines peuvent également être critiqués. En effet certaines colonies fongiques, après repiquage en tube de culture, n'ont pu être déterminées par observation microscopique, en raison de l'envahissement rapide du milieu par *Rhizopus nigricans* en contamination. Ainsi le dénombrement des colonies d'*Aspergillus* groupe *orizae*, observées après incubation en boîtes de Petri, représente-t-il une majoration par rapport aux contaminations réelles par l'espèce *flavus*. Il est par ailleurs connu (Diener et al., 1982) que certains cultivars de cette espèce ne produisent pas d'aflatoxines.

A ce stade des études, des paramètres biologiques restent encore assez mal précisés, par exemple l'incidence de la durée d'infestation sur la production de toxine. Enfin la taille des échantillons analysés (16 graines) représente un risque statistique d'erreur d'un ordre supérieur à celui des autres études conduites parallèlement, risque qui peut donc se traduire dans les résultats par des divergences sensibles.

En définitive, les détections cryptogamiques obtenues dans ces premières études nous fournissent surtout des informations qualitatives sur la présence ou sur l'absence des *Aspergillus* concernés et cela sans préjuger des délais qui ont réellement permis la production des toxines.

La méthode de dosages des aflatoxines par HPLC n'est pas non plus exempte de toutes critiques. En fait, elle ne peut vraiment s'appliquer en toute sécurité qu'à des échantillons provenant de populations initiales de structures assez bien homogènes (Majerus et Woller, 1984), ce qui est loin d'être toujours le cas des stocks villageois (Pollet, 1985; Pollet et al., 1987). Pourtant, la méthode HPLC représente aujourd'hui la technique la plus rapide pour réaliser les mesures de toxines. Sa très haute sensibilité, sa rapidité de mise en oeuvre et le caractère répétitif des mesures quantitatives qu'elle permet, sont autant d'éléments très positifs, qui soulignent l'intérêt de cette méthode par rapport à d'autres techniques de détection, moins aisées d'emploi, telle par exemple la chromatographie sur couches minces ("Thin Layer Chromatography" ou TLC).

La HPLC est ici utilisée en phase inverse pour effectuer les séparations des aflatoxines, avec une phase mobile constituée d'eau, d'acétonitrile et de méthanol (3/1/1). Actuellement, elle est utilisée plus fréquemment que la HPLC en phase normale (Heiss, 1980; Wilson, 1986). Cependant, selon Wilson (1986) son emploi dans le cas des dosages d'aflatoxines implique une certaine prudence. Les intensités de fluorescence de B1 et G1 diminuent dans les solvants utilisés pour la HPLC en phase inverse, par conséquent leurs dérivés à tester devront en général être préparés juste avant injection. Selon ce même auteur les dérivés B2a et G2a ne seraient pas non

plus très stables dans le méthanol, qui de ce fait doit donc être utilisé avec prudence. Des tests sont actuellement en cours au laboratoire de nutrition animale (LACENA) pour étudier ce dernier phénomène de dégradation des substances dans le méthanol. Des résultats sont encore à venir, mais jusqu'ici nous n'avons pas trouvé la moindre indication qui puisse permettre de confirmer cette assertion de l'auteur.

3.4. CONCLUSIONS

En définitive, hormis quelques valeurs extrêmes de contamination par aflatoxines, dont la cause peut aussi provenir de mauvaises échantillonnages, l'état sanitaire moyen des stocks villageois d'arachide en Côte d'Ivoire paraît finalement correct et même relativement satisfaisant si l'on considère les nombreux cas de très forte contaminations signalés dans la littérature pour d'autres zones tropicales. Par exemple la Thaïlande ou Shank et al. (1972) notent un niveau moyen de contamination par B1 de 1530 ppb pour 49% des échantillons prélevés sur les marchés; ou encore l'Ouganda pour laquelle Alpert et al. (1971), font état d'infestations supérieures à 363 ppb pour 17% des lots étudiés, ou les Philippines avec des contaminations de plus de 200 ppb pour 97% des lots de pâte d'arachide suivis par Campbell et al. (1971 et 1974). L'arachide et ses divers dérivés seraient d'une manière générale soumis régulièrement dans les zones tropicales à de très contaminations par aflatoxines, Hiscocks (1965) cite ainsi des cas d'infestations supérieures à 250 ppb de B1 pour 42% de certains groupes de lots étudiés, Campbell (1969) donne l'exemple d'échantillonnages contaminés par plus de 300 ppb de toxines pour 65% des lots observés.

Le problème "aflatoxines" ne peut cependant être ignoré pour la Côte d'Ivoire. Son existence semble bien réelle et compte tenu des risques qu'il peut impliquer pour les consommateurs, il paraît nécessaire de définir des méthodes simples qui puissent permettre de le réduire suffisamment en intervenant directement sur les causes des infestations.

Ces infestations des graines par toxines sont liées en partie, nous l'avons vu, à l'état d'intégrité des gousses. Un triage efficace avec élimination des gousses "à risques" paraît donc susceptible d'améliorer la qualité des stocks.

Le pluviométrie représente également un facteur essentiel. Ainsi les pluies tombées durant les trois mois qui précèdent chaque échantillonnage agissent apparemment de manière directe en favorisant les contaminations; ces pluies en général coïncident également avec les périodes de stockage. Par contre, calculé pour les 6 ou 8 mois précédants, le paramètre "pluies" semble maintenant agir de manière inverse, Ce dernier phénomène dénote sans doute l'existence d'une certaine confusion au niveau des calculs entre les périodes de culture et de stockage. Les différences trouvées entre les contaminations des stocks du Nord et du Centre, pourraient en grande partie être liées aux pluviométries bien distinctes qui caractérisent ces deux groupes de régions.

Les conseils que l'on peut donc donner aux paysans, pour tenter de réduire au moyen des techniques simples le problème "aflatoxines", peuvent en conséquence se résumer comme suit:

- trier soigneusement les récoltes avant stockage en éliminant de manière systématique toutes les arachides "à risque", gousses rongées, cassées-percées, moisies et à "bouts noirs";
- sécher rapidement après récolte les arachides. Disposer les arachides sur des clayettes ou sur un autre support mais jamais directement sur le sol, et les couvrir systématiquement pendant la nuit et par temps de pluie;
- améliorer les conditions techniques de stockage, par exemple par désinfection du grenier

avec balayages préalables avant entrées des arachides, et également par suppression de toute source gênante d'humidité (fuites dans les toitures,...)

Des mesures efficaces devront également être utilisées pour protéger les cultures contre les dégâts de certains ravageurs tels les iules ou et les termites.

L'ensemble des résultats obtenus paraît finalement assez complexe et relativement difficile à interpréter. Le nombre de paramètres déterminés est grand et ces paramètres ne sont pas toujours complètement indépendants les uns des autres. D'autres techniques statistiques plus performantes que le test "t" ou les régressions multiples, méthodes utilisées ici, peuvent également être retenues, comme les analyses factorielles (ACP, AFC, Analyse discriminante,...), qui seront effectués ultérieurement et dans lesquelles les facteurs catégoriels, comme les localisations des greniers, les méthodes de stockage utilisées, les tris etc... pourront être également pris en compte dans les analyses. Peut être sera-t-il alors possible, grâce à une approche plus pointue des phénomènes de répondre à certaines des questions qui restent encore en suspens aux termes de ces premières études.

Annexe 3.1. Régression multiple significative, obtenue pour la campagne 1985-86 par combinaisons de 9 variables sur 23 considérées initialement (11 pas de calculs). Au seuil de 5%, la régression totale et les régressions partielles sont ici significatives pour des valeurs de F respectivement supérieures à 1,92 pour la totale (degrés de liberté de 9-204), et 3,89 pour les partielles (degrés de liberté de 1-204).

Stepwise Regression $Y_1:\log(1+x)$ of B1. 23 X variables

(Last Step) STEP NO. 11 VARIABLE REMOVED: $X_{12}:\log(1+stk)$

R:	R-squared:	Adj. R-squared:	Std. Error:
.458	.21	.175	.731

Analysis of Variance Table

Source	DF:	Sum Squares:	Mean Square:	F-test:
REGRESSION	9	29.012	3.224	6.028
RESIDUAL	204	109.102	.535	
TOTAL	213	138.114		

STEP NO. 11 Stepwise Regression $Y_1:\log(1+x)$ of B1. 23 X variables
Variables in Equation

Parameter:	Value:	Std. Err.:	Std. Value:	F to Remove:
INTERCEPT	-.318			
Rong.	.009	.004	.139	4.768
Cn	-.105	.036	-.193	8.526
Sm	.274	.145	.122	3.582
ASIN(.M)	-.506	.242	-.138	4.387
ASIN(.Fla)	1.751	.582	.194	9.064
P(6-3)/P3	-.035	.015	-.182	5.633

STEP NO. 11 Stepwise Regression $Y_1:\log(1+x)$ of B1. 23 X variables
Variables in Equation

Parameter:	Value:	Std. Err.:	Std. Value:	F to Remove:
PL6/J6	.002	.001	.262	7.041
Pluies 3	.013	.003	.276	16.227
Jours 3	.003	.001	.21	5.641

Variables Not in Equation

Parameter:	Par. Corr:	F to Enter:
Cas. Perc.	-.024	.118
Saines	.013	.035
Pn	.001	9.382E-5
Rn	-.08	1.293

STEP NO. 11 Stepwise Regression Y₁:log(1+x) of B1. 23 X variables

Variables Not in Equation

Parameter:	Par. Corr:	F to Enter:
Sn	.077	1.219
totn	-.019	.07
Rm	-.068	.947
Age.	-.076	1.182
log(1+ stk)	-.081	1.34
ASIN(G)	-.082	1.364
ASIN(.NG)	.047	.452

STEP NO. 11 Stepwise Regression Y₁:log(1+x) of B1. 23 X variables

Variables Not in Equation

Parameter:	Par. Corr:	F to Enter:
ASIN(. Rhi)	.024	.114
ASIN(.Fgs)	-.034	.242
PL8/J8	-.064	.835

Correlation Matrix for Variables: X₁ ... X₁₀

	log(1+x)...	Rong.	Cn	Sm	ASIN(.M)	ASIN(.Fla)	Pluies 3	Jours 3
log(1+x) ...	1							
Rong.	.136	1						
Cn	-.103	-.016	1					
Sm	.185	.134	.014	1				
ASIN(.M)	-.08	-.015	-.058	-.041	1			
ASIN(.Fla)	.195	-.109	.063	-.064	.116	1		
Pluies 3	.234	-.129	.227	.109	.1	.229	1	
Jours 3	.116	.048	.082	-.01	-.238	.074	.103	1
PL6/J6	-.006	-.032	-.169	.023	.14	-.123	-.123	-.661
P(6-3)/P3	-.059	-.116	-.171	-.116	-.095	-.025	.056	-.09

Note: 2 cases deleted with missing values.

Correlation Matrix for Variables: X₁ ... X₁₀

	PL6/J6	P(6-3)/...
PL6/J6	1	
P(6-3)/P3	.441	1

Annexe 3.2. Autre exemple de Régression multiple significative, obtenue pour les mêmes données (campagne 1985-86). Combinaisons cette fois de 10 variables sur 20 considérées initialement (10 pas de calculs). F significatif au seuil 5%, respectivement pour 1,92 pour la totale (degrés de liberté de 10-205), et 3,89 pour les partielles (degrés de liberté de 1-205).

Stepwise Regression Y₁:log(1+x) of B1. 20 X variables

(Last Step) STEP NO. 10 VARIABLE ENTERED: X₁₉: PL6/J6

R:	R-squared:	Adj. R-squared:	Std. Error:
.459	.21	.172	.73

Analysis of Variance Table

Source	DF:	Sum Squares:	Mean Square:	F-test:
REGRESSION	10	29.092	2.909	5.457
RESIDUAL	205	109.291	.533	
TOTAL	215	138.384		

STEP NO. 10 Stepwise Regression Y₁:log(1+x) of B1. 21 X variables
Variables in Equation

Parameter:	Value:	Std. Err.:	Std. Value:	F to Remove:
INTERCEPT	1.064			
Rong.	.008	.004	.128	4.085
Cn	-.085	.035	-.157	5.957
Sm	.321	.145	.143	4.902
Age.	-.082	.025	-.212	10.524
log(1+ stk)	-.125	.093	-.097	1.79
ASIN(.M)	-.381	.234	-.105	2.65

STEP NO. 10 Stepwise Regression $Y_1: \log(1+x)$ of B1. 21 X variables
 Variables in Equation

Parameter:	Value:	Std. Err.:	Std. Value:	F to Remove:
ASIN(.Fla)	1.853	.568	.208	10.631
Jours 3	.004	.001	.24	7.311
PL8/J8	-.054	.022	-.206	6.233
PL6/J6	.002	.001	.228	5.133

Variables Not in Equation

Parameter:	Par. Corr:	F to Enter:
Cas. Perc.	-.018	.064
Saines	.013	.035
Pn	.012	.027

STEP NO. 10 Stepwise Regression $Y_1: \log(1+x)$ of B1. 21 X variables

Variables Not in Equation

Parameter:	Par. Corr:	F to Enter:
Rn	-.044	.402
Sn	.062	.783
totn	.006	.007
Rm	-.072	1.074
ASIN(G)	-.029	.171
ASIN(.NG)	.033	.229
ASIN(. Rhi)	.001	2.777E-4

STEP NO. 10 Stepwise Regression $Y_1: \log(1+x)$ of B1. 21 X variables

Variables Not in Equation

Parameter:	Par. Corr:	F to Enter:
Pluies 6	.045	.417

Annexe 3.3. Exemple de Régression multiple correspondant aux données de la deuxième campagne (1986-87). Combinaisons de 6 variables sur 23 considérées initialement (8 pas de calculs). F significatif au seuil 5%, respectivement pour 2,14 pour la totale (degrés de liberté de 6-196), et 3,89 pour les partielles (degrés de liberté de 1-196).

Stepwise Regression $Y_1:\log(1+x)$ of B1. 23 X variables

(Last Step) STEP NO. 8 VARIABLE ENTERED: X_1 : Cn

R:	R-squared:	Adj. R-squared:	Std. Error:
.394	.155	.129	.902

Analysis of Variance Table

Source	DF:	Sum Squares:	Mean Square:	F-test:
REGRESSION	6	29.343	4.89	6.008
RESIDUAL	196	159.536	.814	
TOTAL	202	188.879		

STEP NO. 8 Stepwise Regression $Y_1:\log(1+x)$ of B1. 23 X variables
Variables in Equation

Parameter:	Value:	Std. Err.:	Std. Value:	F to Remove:
INTERCEPT	1.426			
Cn	.008	.006	.091	1.784
Age.	-.059	.029	-.152	4.293
arcsin(.NG)	-.292	.181	-.109	2.596
arcsin(.Fla)	1.347	.554	.165	5.913
PL8-PL3	-.001	2.964E-4	-.273	13.728
PL6-PL3	9.212E-5	6.430E-5	.096	2.053

STEP NO. 8 Stepwise Regression $Y_1:\log(1+x)$ of B1. 23 X variables

Variables Not in Equation

Parameter:	Par. Corr:	F to Enter:
Rong.	.017	.054
Saines	-.027	.141
Pn	.005	.004
$\log(1+ \text{stk})$	-.023	.1
arcsin(.M)	-.02	.075
PL6/J6	-.01	.018
Pluies 3	.039	.303

STEP NO. 8 Stepwise Regression $Y_1:\log(1+x)$ of B1. 23 X variables

Variables Not in Equation

Parameter:	Par. Corr:	F to Enter:
P(8-3)/P3	.007	.009
Jours 8	.067	.88
Pluies 6	.039	.303
Jours 3	.061	.727
JOURS 6:::	.074	1.066
PL8/240	.039	.303
PL8/J8	-.005	.006

STEP NO. 8 Stepwise Regression $Y_1:\log(1+x)$ of B1. 23 X variables

Variables Not in Equation

Parameter:	Par. Corr:	F to Enter:
PL3/90	.039	.303
PL3/J3	-2.854E-4	1.588E-5
Pluies 8	.039	.303

Correlation Matrix for Variables: $X_1 \dots X_7$

	log(1+x) ...	Cn	Age.	arcsin(...	arcsin(...	PL6-PL3	PL8-PL3
log(1+x) ...	1						
Cn	.12	1					
Age.	-.237	-.137	1				
arcsin(.NG)	-.083	.166	-.16	1			
arcsin(.FI...	.111	.121	.115	-.047	1		
PL6-PL3	.059	.066	-.009	-.04	-.009	1	
PL8-PL3	-.286	.016	.402	-.003	.169	.172	1

Annexes 3.4: Etudes de l'effet de vieillissement des stocks sur les taux mesurés de toxines.

a. Le "WILCOXON Signed-Rank Test". Les trois tests réalisés ici concernent successivement l'ensemble des mesures appariées, les mesures couplées avec deux mois d'écart puis avec quatre mois d'écart entre les deux passages. Le nombre de "- Ranks" correspond aux nombres de paires dont la contamination notée pour la premier prélèvement est plus faible que celle notée pour le deuxième, deux ou quatre mois plus tard. Le nombre de "+ Ranks" correspond à la situation inverse: effet négatif significatif dans ce cas, au seuil de 5%, pour Z absolu > 1,96.

Wilcoxon signed-rank X_1 : log(1+x) of B1-a Y_1 : log(1+x) of B1-b

	Number:	Σ Rank:	Mean Rank:
- Ranks	74	5991.5	80.966
+ Ranks	90	7538.5	83.761

note 76 cases eliminated for difference = 0.

Z	-1.27
Z corrected for ties	-1.27
# tied groups	19

Wilcoxon signed-rank X_1 : log(1+x) of B1-a-2 Y_1 : log(1+x) of B1-b-2

	Number:	Σ Rank:	Mean Rank:
- Ranks	55	3632	66.036
+ Ranks	72	4496	62.444

note 55 cases eliminated for difference = 0.

Z	-1.039
Z corrected for ties	-1.039
# tied groups	6

Note: 58 cases deleted with missing values.

Wilcoxon signed-rank X_1 : log(1+x) of B1-a-4 Y_1 : log(1+x) of B1-b-4

	Number:	Σ Rank:	Mean Rank:
- Ranks	19	316	16.632
+ Ranks	18	387	21.5

note 21 cases eliminated for difference = 0.

Z	-.536
Z corrected for ties	-.536
# tied groups	1

Note: 182 cases deleted with missing values.

b. Le "Paired t-Test". Mêmes Indications que pour 3.4.a. L'effet négatif (diminution de quantités présentes de toxines) est ici significatif, au seuil de 5%, pour $t > 1,96$.

Paired t-Test X₁: log(1+x) of B1-a Y₁: log(1+x) of B1-b

DF:	Mean X - Y:	Paired t value:	Prob. (2-tail):
239	.077	1.221	.2234

Paired t-Test X₁: log(1+x) of B1-a-2 Y₁: log(1+x) of B1-b-2

DF:	Mean X - Y:	Paired t value:	Prob. (2-tail):
181	.066	.829	.4081

Note: 58 cases deleted with missing values.

Paired t-Test X₁: log(1+x) of B1-a-4 Y₁: log(1+x) of B1-b-4

DF:	Mean X - Y:	Paired t value:	Prob. (2-tail):
57	.114	1.36	.1793

Note: 182 cases deleted with missing values.

Annexe 3.5. Etudes factorielles de l'effet des localisations de stocks ou des méthodes de stockages utilisées sur les infestations des arachides par toxines

a. Effets des localisations: Effets significatifs au seuil de 5% pour une valeur de F supérieure à 1,96 (degrés de liberté de 8 - 425). Les différences partielles significatives sont également considérées .

One Factor ANOVA X₁: Localis. Y₁: log(1+x) of B1.

Analysis of Variance Table

Source:	DF:	Sum Squares:	Mean Square:	F-test:
Between groups	8	28.987	3.623	4.976
Within groups	425	309.473	.728	p = .0001
Total	433	338.46		

Model II estimate of between component variance = .362

One Factor ANOVA X₁: Localis. Y₁: log(1+x) of B1.

Group:	Count:	Mean:	Std. Dev.:	Std. Error:
E	64	.789	.97	.121
NE	91	.582	.911	.095
N	129	.265	.499	.044
C	85	.841	1.092	.118
NW	11	.595	.571	.172

One Factor ANOVA X₁: Localis. Y₁: log(1+x) of B1.

Group:	Count:	Mean:	Std. Dev.:	Std. Error:
W	10	.115	.198	.063
CN	22	.362	.593	.126
CS	11	1.119	1.203	.363
CE	11	.914	1.342	.405

b. Effets des méthodes de stockage . Effets significatifs au seuil de 5% pour une valeur de F supérieure à 2,12 (degrés de liberté de 6 - 423). Les différences partielles significatives sont également considérées . La différence partielle notée dans ce cas entre "banco" et "sacs", les méthodes de stockage les plus utilisées, est significative.

One Factor ANOVA X_1 : methstk Y_1 : $\log(1+x)$ of B1.

Analysis of Variance Table

Source:	DF:	Sum Squares:	Mean Square:	F-test:
Between groups	6	17.133	2.855	3.773
Within groups	423	320.107	.757	p = .0011
Total	429	337.24		

Model II estimate of between component variance = .35

One Factor ANOVA X_1 : methstk Y_1 : $\log(1+x)$ of B1.

Group:	Count:	Mean:	Std. Dev.:	Std. Error:
carton	3	.072	.097	.056
sacs	249	.699	.993	.063
canari	26	.763	.966	.189
banco	137	.325	.591	.051
tonn.	3	.096	.166	.096

One Factor ANOVA X_1 : methstk Y_1 : $\log(1+x)$ of B1.

Group:	Count:	Mean:	Std. Dev.:	Std. Error:
tiernogo	7	.158	.3	.113
sus sol	5	1.054	1.032	.461

IV. Conclusions générales et perspectives d'avenir

Les ravageurs rencontrés sur les légumineuses cultivées et stockées en Côte d'Ivoire correspondent à des classiques de l'Entomologie. Souvent très cosmopolites ils ont fait l'objet de nombreux travaux un peu partout dans le monde et sont donc en général bien connus.

Les problèmes qu'ils posent sont immédiats et se formulent d'ailleurs très différemment selon qu'il s'agit des cultures ou des stocks.

La protection des cultures peut se faire par voies chimiques. Cependant l'usage des pesticides est coûteux, et parfois dangereux pour les utilisateurs, techniciens et consommateurs. Et l'efficacité même de cette technique de lutte n'est pas assurée si elle ne peut pas s'appuyer sur une parfaite connaissance de la faune. Ce qui suppose également la réalisation au préalable de nombreuses études de base .

En fait l'expérience le montre. A terme, la lutte chimique trouve très vite ses limites si on ne l'insère pas rapidement dans un système de lutte intégré. Ce système doit combiner des apports réfléchis des molécules chimiques nécessaires, au contrôle des ravageurs que réalisent naturellement certains agents pathogènes et (ou) divers parasites et prédateurs présents dans le milieu ou introduits secondairement. La mise au point d'un tel système de lutte intégré contre les piqueurs et les foreurs des graines et des gousses des légumineuses cultivées en Côte d'Ivoire, pourrait à elle seule justifier la poursuite de ce Programme légumineuse. En particulier la recherche de solutions biologiques nouvelles utilisant des bactéries (par exemple *Bacillus thuringiensis*), ou (et) des champignons (*Nomurea rileyi*) , ou encore certaines viroses d'insectes dans le cas des défoliateurs pourrait même constituer à terme l'axe central de ce nouveau programme.

La protection des stocks villageois de légumineuses constitués en Côte d'Ivoire soulève d'autres problèmes bien différents . Surtout si l'on considère ici que l'arachide représente en fait la seule légumineuse qui est stockée en grandes quantités dans le pays.

Les lépidoptères *Ephestia* sp, nous l'avons vu , ne viennent jamais en grands nombres sur les arachides stockées et *Carryedon serratus* , la "bruche de l'arachide" , que d'aucun considère comme l'un des plus dangereux ravageurs primaires de ce vivrier sous les tropiques, reste rare pour la Côte d'Ivoire.

Le risque "aflatoxines" est par contre bien réel, et les problèmes qu'il peut poser à la production peuvent s'avérer très sérieux . Le déterminisme des infestations de stocks par les toxines est complexe . Le nombre des paramètres intervenants est grand et ces paramètres ne sont pas toujours complètement indépendants les uns des autres. Les questions posés sont innombrables et pour certaines d'entre elles toujours sans réponses. Nous avons trouvé des stocks très fortement contaminés par des doses de toxines médicalement dangereuses ou mêmes très dangereuses pour les consommateurs. Cependant nous n'avons aucune information précise sur les bilans de santé des populations concernées. Il serait donc logique de vouloir généraliser ce type d'approche en définissant un Projet légumineuses à double volet et de type "agro médical" qui serait par exemple consacré à l'études des relations existantes entre la production, le stockage , l'utilisation des graines pour l'alimentation et l'état de santé des consommateurs.

V. Remerciements

Les auteurs remercient très sincèrement toutes les personnes qui ont permis la réalisation dans les meilleures conditions possibles des recherches prévues par le Programme et tout particulièrement Monsieur le Directeur Général de la CIDT ainsi que Monsieur BISSON, Responsable du Service CIDT Recherche et Développement, pour l'aide matérielle très importante que la CIDT a pu accorder à la réalisation des échantillonnages.

Monsieur le Professeur BESSARD, du Service de Pharmacologie de la Faculté de médecine d'Abidjan a bien voulu mettre à la disposition de ce Programme "aflatoxines" pendant la première partie des recherches, sa chaîne HPLC; et cela en nous accordant un appui technique solide, qu'il en soit donc ici très vivement remercié.

Nous savons grè à MM les Chefs de Zone ainsi qu'à tous les Enquêteurs du réseau R. & D. pour leur grande disponibilité et pour l'intérêt qu'ils ont toujours manifesté pour la réalisation de ces enquêtes. Nous ne saurions enfin oublier ici les Paysans sans l'aide desquels toutes ces études auraient été irréalisables.

VI. Bibliographie

6.1. TRAVAUX REALISES DANS LE CADRE DU PROJET.

BUSNARDO J., POLLET A. et ADOU AMALAMAN (1985). Amélioration des levées et protection des cultures d'arachide en milieux paysans. Essais de pesticides (zones de Gbon et de Lataha). Rapport IDESSA ORSTOM : 18 pages.

HARKEMA J., (1987). Aflatoxines sur stocks villageois d'arachide en Côte d'Ivoire. Rapport de stage : 39 pages.

LISDONK E. Van de (1987). Aflatoxines sur stocks villageois. Rapport de stage : 19 pages.

POLLET A. (1985a). Incidences économiques des insectes ravageurs sur la production des légumineuses à graines cultivées en Côte d'Ivoire. I. Niébé. Essais d'efficacité de pesticides. (P.O. CIDT de Ondefiduo). Rapport IDESSA ORSTOM : 10 pages.

POLLET A. (1985b). Incidences économiques des insectes ravageurs sur la production des légumineuses à graines cultivées en Côte d'Ivoire. II. Soja. Problèmes posés et essais d'efficacité de pesticides. (Station IDESSA - DCV de Bouaké). Rapport IDESSA- ORSTOM : 10 pages.

POLLET A. (1985c). Le stockage des légumineuses en milieux villageois traditionnels (Côte d'Ivoire 1983, 1984b et 1985). Comm. Colloque sur les Légumineuses alimentaires en Afrique de l'Ouest (Université de Niamey et AUPELF, nov. 1985) : 4 pages et 3 tableaux.

POLLET A. (1985d). Aflatoxines sur stocks villageois d'arachide. Suivis consécutifs des cultures et des stocks. Projet de recherche détaillé et chiffré établi à la demande de la CIDT et dans le cadre d'une étude de Filière (Bureau BERGER S.A.) Document d'étude CIDT-ORSTOM (décembre 1985) : 15 pages.

POLLET A. (1986a). Insectes ravageurs et parasites des légumineuses à graines en Afrique de l'Ouest (Projet CCE n° TSI -0179-F). Rapport d'exécution n°1 (février 1986) : 27 pages.

POLLET A. (1986b). Résultats des tests d'efficacité de pesticides menés en 1985 contre les insectes ravageurs du Niébé sur 5 Postes d'Observation (P.O.) de la CIDT. Rapport CIDT-ORSTOM : 5 pages.

POLLET A. (1987a). Insectes ravageurs et parasites des légumineuses à graines en Afrique de l'Ouest (Projet CCE n° TSI-0179-F). Rapport d'exécution n°2 (juillet 1986) : 25 pages.

POLLET A. (1987b). Insectes ravageurs et parasites des légumineuses à graines en Afrique de l'Ouest (Projet CCE n° TSI-0179-F). Rapport d'exécution n°3 (décembre 1986) : 18 pages.

POLLET A. (1987c). Termite and diplopod damages and correlated groundnut crop losses studies in Ivory Coast. Particular effects of chemical control (pods and/or seed protection). Tropical Pest Management (in press, mnscrip n° 87/60) : 9 figures and 12 tables.

POLLET A. (1987d). Insect pest and related cowpea crop losses studied in Ivory Coast. Preliminary investigations on minimum uses and particular effects of sowing dates and field experiment localizations. Tropical Grain Legume Bulletin (in press) : 6 tables.

POLLET A., DECLERT C., CHAUVIER C. et LISDONK E. Van de (1987). Etat sanitaire et

importance des contaminations par aflatoxines des stocks villageois d'arachide constitués en Côte d'Ivoire. I. Données préliminaires (1985-1986). Oléagineux (sous presse) 3 figures et 5 tableaux.

POLLET A., DECLERT C., WEIGANDT W., HARKEMA J. and LISDONK E. (Van de) (1987). Traditional groundnut storage and aflatoxin problems. Commun. Intern. Workshop on aflatoxin contamination of groundnut - ICRISAT Patancheru (India) 6-9 oct. 1987 : 8 pages.

POLLET A. et PICHON G. (1988). Aflatoxines sur stocks villageois en Côte d'Ivoire. Analyses factorielles des phénomènes (en préparation).

VENCKEN K. (1986). Rapport de stage effectué à l'Hôpital Protestant de Dabou et à l'ORSTOM (Adiopododumé) - Côte d'Ivoire.

6.1. TRAVAUX CITES AU COURS DE L'EXPOSE.

AGYEN SAMPONG M. (1978). Pests of cowpea and their control in Ghana. in "Insect pests of grain legumes and their ecology". ed. SINGH S.R., TAYLOR T.A. and EMDEN (Van) H.F. (454 pages) : 85-92.

ALPERT M.E., HUTT M.S.R., WOGAN G.N. and DAVIDSON C.S. (1971). Association between aflatoxin content of food and hepatoma frequency in Uganda. Cancer, 28 : 253-260.

ANONYME (1984). Agricultural Compendium for rural development in the tropics and subtropics. ed. Amsterdam, Elsevier Scientific Publishing Company.

ANONYMES (1985). "Mycotoxinen", Collegedictaat Levensmiddelen microbiologie, Landbouwhogeschool Wageningen.

ATLAS DE COTE D'IVOIRE (1979). ed. Ministère du Plan de Côte d'Ivoire, Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer et Institut de Géographie Tropicale, Université d'Abidjan.

AYOADE K.A. (1977). Insecticide spray schedules evaluation for pest control in cowpea. Niger. J. Pl. Prod., 3 : 129-135.

AYOADE K.A. (1978). Minimum use of insecticides and insect pest control on cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) WALP., in southwestern Nigeria. Roneo. of Institute of Agricultural Research and Training, University of IFE, IBADAN (Nigeria), 9 pages et 6 tableaux.

BAKHETIA D.R.C. & SIDHU A.S. (1976). Biology and seasonal activity of the groundnut aphid *Aphis craccivora* Koch. Journal of Research, 15 (3) : 299-303.

B.E.T.P.A. (1980). Fiche technique pour la culture du soja (L. Antonio Cambraia). Ronéo. BETPA, 10 pages.

BHATTACHARYA A.K. & RATHORE Y.S. (1981). Soybean insect problems in India. Ronéo. of Department of Entomology G.B. Plant University of Agriculture and Technology, PANTNAGAR - Nainital (Indes) : 10 pages.

- BIRD J. & MARAMOROSCH K. (1975). Tropical diseases of legumes.. - ed. New York U.S.A., Academic Press, 171 pages.
- BOOKER R.H. (1965). List of insect species found in association with cowpeas et Samaru (Northern Nigeria). Samaru Misc. Paper n° 9 : 4 pages.
- BOCKELEE-MORVAN A. et Gillier P. (1964). Essai d'élimination de l'aflatoxine par des méthodes physiques. Communication présentée à la conférence intitulée "Conférence on the animal feed of tropical origin". London, 1-4 april 1974. in *Oléagineux*, 29 : 513-516.
- BURREL N.J., GRUNDEY J.K. et KARKNESS C. (1964). Growth of *Aspergillus flavus* and production of aflatoxins in groundnuts. Part V. *Trop. Sci.*, 5 (6) : 74-90.
- CAMPBELL A.D. (1969). Report on mycotoxins. *J. Amer. Off. Anal. Chem.*, 52 : 249-253.
- CAMPBELL T.C. & SALAMAT L. (1971). Aflatoxin ingestion and excretion by humans. in *Mycotoxin in human health*, by PERCHASE I.F.H. ; ed. McMILAN Press, London.
- CAMPBELL T.C. and STOLOFF L. (1974). Implications of mycotoxins for humain health. *J. Agr. Food Chem.* ; 22 : 1006-1015.
- CARLSON O.V. & HILLS E.T. (1962). Direct counts of potato leafhopper *Empoasca fabae* eggs in *Solanum* leaves. *Ann. Entomol. Soc. Amer.*, 56 : 512-515.
- CAVALCANTE R.D. & CAVALCANTE L.C.C. (1975). *Diphaulaca volkameriae* (Fabr. 1742) a pest of cowpea (*Vigna sinensis* ENDL.) in Ceara. *Fitossanidade*, 1 (3) : 98.
- CHARI M.S., PATEL P.N. & RAY S. (1976). Evaluation of cowpea lines for resistance to aphid *Aphis craccivora* (KOCH. Gujarat Agricultural University Research Journal, 1 (2) : 130-132.
- CHAUDHARY R.R.P., BHATTACHARYA A.K. & RATHORE R.R.S. (1976). Field tests for the control of seed maggot *Delhia patura* MG. attacking soybean. *Science and culture*, 42 (8) : 422-425.
- C.I.D.T. (1980a). Note technique sur le soja ; considérations générales (SEYDOUX L.). Ronéo CIDT, 4 pages et 35 pages annexes.
- C.I.D.T. (1980b). Fiche technique pour la culture du soja en Côte d'Ivoire (SEYDOUX L.) Ronéo. CIDT, 4 pages.
- C.I.D.T. (1981). Programme des recherches prévues pour la campagne 1981-1982 ; Activités du Service Recherche et Développement de la CIDT (SEYDOUX L.). Ronéo CIDT, 100 pages.
- C.I.D.T. (1982). Normes recommandées pour les mises en culture des parcelles de soja, dans le cadre des activités du Service Recherche et Développement de la CIDT (F. de MONTALVAO). Ronéo, CIDT, 4 pages.
- C.I.D.T. & ORSTOM (1982). Etude des biocénoses du soja et du niébé : protocoles d'essai (POLLET A.). Fiche CIDT n° 54. C (numérotation selon Programmation CIDT) ; ronéo. ORSTOM, 3 pages et 2 figures.
- COLLOQUE NIAMEY (1985). Actes du colloque (sous presse). Niamey, Octobre 1985.
- DIENER, U.L. et al. (1985). Invasion of peanut pods in the soil by *Aspergillus flavus* . *Plant Dis. Rep.* (49) : 931-935.

- DAVIS N.D., DICKENS J.W., FREIE R.L., HAMILTON P.B., SHOTWELL O.L. & WYLLIET D. (1980). Protocols for surveys, sampling, post collection handling, and analysis of grain samples involved in mycotoxin problems. *J. Assoc. Off. Anal. Chem.*, 6 (1) : 95-102.
- DIENER U.L., PETTIT R.E. and COLE R.J. (1982). Aflatoxins and other mycotoxins in peanuts. in American Peanut Research and education Society Inc. : eds PATTEE and YOUNG : Chap. 13 : 486-519.
- DICKENS J.W. & PATTEE H.E. (1966). The effects of time, temperature and moisture on aflatoxin production in peanuts inoculated with toxic strain of *Aspergillus flavus* . *Trop. Sci.*, 8 : 11-22.
- DINA S.O. (1976). Effect of insecticidal application at different growth phases on insect damages and yields of cowpea. *Journal of Economic Entomology*, 69 (2) : 186-188.
- DINA S.O. (1977). Effects of monocrotophos on insect damages and yields of cowpea (*Vigna unguiculata*) in southern Nigeria. *Expl. Agric.*, 13 : 155-159.
- DINA S.O. & MEDAIYEDU (1976). Field tests with insecticides to control *Maruca testulalis* and other pod boring insect of cowpeas in southern Nigeria. *Journal of Economic Entomology*, 69 (2):173-177.
- DUVIARD D. (1967). *Ecologie du Domaine de Brouessy. Etudes botanique et entomologique.* Publication ORSTOM.
- DUVIARD D. (1970). Place de *Vernonia guineensis* Benth (*Compositae*) dans la biocénose d'une savane préforestière de Côte d'Ivoire. *Ann. Univ. Abidjan, série E (Ecologie)*, 3-1: 7-174.
- DUVIARD D. (1971). Etude par les pièges à eau de la faune entomologique d'un champ de coton en Côte d'Ivoire (Foro Foro). *Ronéo, ORSTOM*, 22 p.
- FARREL J.A.K. (1976a). Effects of groundnut crop density on the population dynamics of *Aphis craccivora* Koch in Malawi. *Bull. of Ent. Res.*, 66 (2) : 317-329.
- FARREL J.A.K. (1976b). Effects of intersowing with beans on the spread of groundnut rosette aphid *Aphis craccivora* Koch in Malawi. *Bulletin of Entomological Research*, 66 (2) : 331-333.
- FENNELL D.I. *et al.* (1975). *Aspergillus flavus* and other associated with insect damaged field corn. *Cereal Chem.* (52), 314-321.
- FEHR W.R. & CAVINESS C.E. (1977). Stages of soybean development. *Iowa Coop. Ext. Serv. Spec. Rep. n° 80* : 12 p.
- FRANCO D. *et al.* (1982). L'Aflatoxine est-elle un carcinogène hépatique chez l'homme ? *Gastroenterol. Clin. Biol.*, 6 : 125-128.
- GASPAR Ch., KRZELS S., VERSTAETEN Ch. & WOLF F. (1968a). Recherches sur l'écosystème forêt, la chénaie à *Galeobdolon* et à *Oxalis* de Mesnil Eglise (Ferage). *Insectes récoltés dans des bacs à eau. Bull. Recherches Agron. de Gembloux*, 3 : 83-100.
- GASPAR Ch., KRZELS S., VERSTAETEN Ch. & WOLF F. (1968b). La chénaie mélangée calcicole de Virelle Glaimont ; insectes récoltés dans des bacs à eau. *Bull. Recherches Agron. de Gembloux*, 3 : 294-300.
- GIBBON R.W. *set al.* (1975). Groundnut drying trials in Malawi. *Trop. Sc.* 1975 (17). n° 1 : 15-24.

- GILLIER M. (1978). L'arachide. Ronéo. IRAT, 13 p. et figures.
- GILLIER P. (1986). Développement d'une filière arachide en Côte d'Ivoire. Rapport d'étude établi par BERGER S.A.
- GILLIER P. & SYLVESTRE P. (1969). L'arachide. éd. G.P. Maisonneuve. 292 p.
- GILMAN G.A. (1970). Fungal spoilage of stored foods in the tropics and its possible effects on men. In Commonwealth Phytopathological News, 1 :1-3.
- GOODYER G.J. (1980b) Pests of soybean in Coastal districts (Australia). New south wales. Department of agriculture. Entomology Branch. Roneo : 18 pages and figures.
- HEISZ O. (1980). Höchstempfindlicher Nachweis von Aflatoxinen mitn der HPLC und dem Fluoreszenzdetektor. ed. Chromatograf, Laborpraxis, 32-35.
- HISCOCKS A. (1965). Mycotoxins in foodstuffs. ed. Wogan Mit. Press. Cambridge.
- HOHMANN O.L., SCHOONHOVEN A. (Von) & CARDONA C. (1980). Manejos de los plagas de frijol (*Phaseolus vulgaris*) a travos de la utilization de sistemas de diversificacion del cultivo con maleza a resistencia varietal. da Sociedade Entomologico do Brazil, 9 (1) : 143-153.
- HARAKLY F.A. (1975). Effects of insecticides on plants and pests of cowpeas. Bull. of the Entomolo. Soc. of Egypte. Economic series (1974, publ. 1975), n° 8 : 177-185.
- I.I.T.A. (1977). Compeas *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Abstrsacts of world literature ; volm. n° 1 (1950 to 1973). Book of the international Grain legume Information Centre. IITA1, PMB 5320, Ibadan, (Nigeria) : 343 p.
- I.I.T.A. (1978). Bambara groundnut (*Voandzeia subterranea* Thouars). Abstrsacts of world literature ; volm. n° 1 (1900 to 1978). Book of the international Grain legume Information Centre. IITA, PMB 5320, Ibadan, (Nigeria) : 55 p.
- I.I.T.A. (1978). Winged beans (*Psophocarpus tetragonolobus* (L.) DC.). Abstrsacts of world literature ; volm. n° 1 (1900 to 1977). Book of the international Grain legume Information Centre. IITA, PMB 5320, Ibadan, (Nigeria) : 68 p.
- I.I.T.A. (1978). Research highlights 1978. ed. I.I.T.A., PMB 5320, Oyo Rood, Ibadan (Nigeria) : 64 p.
- I.R.A.T. (1977). Rapport d'activité pour l'année 1977 : Direction Générale. Ronéo. IRAT : 191 p.
- I.R.A.T. (1978). Rapport d'activité pour l'année 1978 : Direction Générale. Ronéo. IRAT : 217 p.
- I.R.A.T. (1979). Rapport d'activité pour l'année 1978 : Direction Générale. Ronéo. IRAT : 212 p.
- IRWIN M.E. (1978). Pests of soybeans in the U.S.A. and their control. In "Pests of grains legumes, ecology and control". - ed. SINGH S.R., TAYLOR T.A. & EMDEN (Van) H.F. (London, 1978) : 141-150.
- JERATH M.L. (1968). Insecticide control of *Maruca testulalis* on cowpea in Nigeria. - J. econ. Entomol., 61 (2) : 413-472.
- JOHNSON R.A. & GUMEL M.H. (1981). Termite damage and crop loss studies in Nigeria. The incidence of termite scarified groundnut pods and resulting kernel contaminations in field and market samples. - Tropical Pest Management 27 (3) : 343-350.

- JOHNSON R.A., LAMB R.W. & WOOD T.G. (1981). Termite damage and crop loss studies in Nigeria. A survey of damages to groundnuts. - *Tropical Pest Management*, 27 (3) : 325-342.
- KOEHLER C.S. & MEHTA P.H. (1972). Relationships of insect control attempts by chemicals to components of yield of cowpea in Uganda. - *J. econ. Entomol.*, 65 : 1421-1427.
- KOGAN M. & HERZOG D.C. (1980) (Editors). *Sampling methods in soybean Entomology* - ed. New York USA, Springer-Verlag New York Inc. : 587 pages.
- KOGAN M. & KUHLMAN D.E. (1982). *Soybean insectes*. ed. Agricultural Experiment Station University of Illinois : 58 pages.
- KOGAN M. & PITRE H.N. Jr. (1980). General sampling methods for above ground populations of soybean arthropods. - in "sampling methods in Soybean entomology". ed. KOGAN M. & HERZOG D.C. ; Springer-Verlag New York Inc. (587 pages) : 30-60.
- KOGAN M. & TURNISPEED S.G. (1980). Soybean growth and assessment of damages by arthropods. - in "Sampling methods in soybean Entomology". ed. KOGAN M. & HERZOG D.C. ; Springer-Verlag New York Inc. (587 pages) : 3-29.
- KOGAN M. & TURNISPEED S.G. (1987). Ecology and management of soybean arthropods. *Ann. Review Entomol.* (32) : 507-538.
- KRISHNAMACHARI K.A.V.R., BHOT R.V., NAGARAJAN V. & TILAK T.B.G. (1975). Investigations into an outbreak of hepatitis in parts in India. *India Journal of Medical Research*, 63 : 1036-1048.
- LABEYRIE (1981) - Actes du Colloque sur les légumineuses à graines. Tours mai 1980.: 150 pages
- LACEY J., HILL S.T. & EDWARDS M.A. (1980). Micro-organisms in stored grains. Their enumeration and significance. - *Trop. Stored Products Inform.*, 39 : 19-33.
- LAFONT P., & LAFONT J. (1978). Aflatoxines et aflatoxicoses humaines. *La Revue de Médecine*, 9 : 457-465.
- LARRY F. (1978) - Trace analysis of aflatoxin in almonds by HPLC. - *Alter Chromatogram*, 1 (4): 1-2
- LE BERRE J.R. & ROTH M. (1979). Les méthodes de piégeages des invertébrés. B. Les pièges à eau. - in "problèmes d'Ecologie : l'échantillonnage des peuplements animaux des milieux terrestres". - sous la Direction de LAMOTTE M. et BOURLIERE F., ed. MASSON & Cie (Paris).
- M.A.C. (1980). Mémento de l'Agronome. Collection "Techniques rurales en Afrique". ed. R. Française, Ministère de la Coopération, 1600 pages. 14 (3) : 220-229.
- MCDONALD D. & HARKNESS C. (1963). Growth of *Aspergillus flavus* and production of aflatoxins in groundnuts. Part II. - *Trop. Sci.*, 5 : 143-154.
- MCDONALD D. & HARKNESS C. (1965). Growth of *Aspergillus flavus* and production of aflatoxins in groundnuts. Part VIII. - *Trop. Sci.*, 7 : 122-137.
- MASSES H. (1981). Lutte contre les iules (Diplopodes, *Spirostreptoidea*) en culture arachidière au Sénégal. - *Oléagineux*, 36 (11) : 555-562.

MAJERUS P. & WOLLER R. (1984). TLC und HPLC in der Mycotoxinanalytik - ed Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und - forschung" 178 : 79-80.

MEHAN V.K. & McDONALD D. (1983) Research on the aflatoxin problem in groundnut at ICRISAT. Pant and soil, 79: 255-260 .

MISARI S.M. (1975). Insects and other arthropod pests of groundnuts in Northern Nigeria. - Sumaru Agricultural Newsletter, 17 (1) : 4-9.

MORAES G.J. (de), OLIVEIRA C.A.V., ALBUQUERQUE M.M. (de), SALVIANO L.M.C., e POSSIDIO P.D. (de) (1980). Efeito da epoca de infestacao de *Empoasca kraemeri* ROSS & MOORE 1957 (Cigarrinha verde de feijoeiro) (*Typhlocybidae*), na cultura de *Vigna unguiculata* feijão Macassar. Anais da S.E.B., 9 (1) : 67-74.

MORAES G.J. (de), OLIVEIRA C.A.V., ALBUQUERQUE M.M. (de), SAVIANO L.M.C. e POSSIDIO P.C. (de) (1980). The appropriate time to control the green leafhopper in cowpea crops. - Comunicado Technico Embrapa (CPATSA), n°1.

MORGAN H.G. (1973). J.F. 2764 in the control of pod boring insects of cowpea in southern Ghana. - Ghana Farmers, 17 : 22-25.

MORRIS R.F. (1978). Post harvest food losses in developping countries. A bibliography - ed. Natural Res. Council, 2101 Constitution Avenue - Whashington D.C. 20418 : 356 pages.

MUELLER A.J., JONES J.W. & YEARGAN W.C. (1980). Grasshoppers a pest of soybean ? Arkansas Farmers Research, may and june 1980, n°16 : 1 page.

MULTON J.L. (1982) - Conservation et stockage des grains et graines et produits dérivés. ed Collection Sciences et techniques agro-alimentaires, volumes 1 et 2: 1158 pages.

NYIIRA Z.M. (1978). The status of insect pests of cowpeas *Vigna unguiculata* (L.) WALP. in Uganda and their control. Pans Pest Control. News Summ., 17 : 194-197.

OBLISAMI G., BALARAMAN K., NATARAJAN T. & KULANDAIVELLE R. (1977). Effects of organophosphorous insecticides on soil microflora, nodulation and yield of groundnut. Madras Agricultural Journal, 64 (6) : 375-378.

OEI DDHARMA H.P. (1969). Use of pesticides and control of economic pests and diseases in Indonesia. ed. Leiden E.J. Brill., 199 pages.

OGUNLANA M.O. & PEDDDIGO L.P. (1974a). Economic injury levels of the potato leafhopper on so beans in Iowa. Journal of Economic Entomology, 67 (1) : 29-32.

OGUNLANA M.O. & PEDIGO L.P. (1974b). Pest status of the potato leafhopper on soybeans in centgral Iowa. Journal of Economic Entomology, 67 (2) : 201-202.

PEDIGO L.P. (1974). Bioeconomics of Iowa soybean insects. Proceedings north central Branch E.S.A., 29 (1974) : 56-61.

PEREIRA R.P. & SOUZA FILHO B.F. (de) (1980). Observações sobre a *Lagria villosa* na cultura da feijão. Comunicado Technico, Pesagro Rio, 63 (1/2) : 2 pages.

Pest Control in Groundnut (1973). Collectif book of centre for overseas Pest Research (Pans Manual n°2) ed. Foreign and Commonwealth Office Overseas Development Administration (London) : 197 pages.

Pest Control in Tropical grain legumes (1981). Collectif book of Centre for overseas Pest Research.

ed. Foreign and Commonwealth Office Overseas Development Administration (London) : 206 pages.

POLLET A. (1972). Etude de la dynamique d'un peuplement d'insectes d'une lisière entre savane et forêt galerie éburnéennes. I. Données générales sur les phénomènes. Ann. Université d'Abidjan, série E (Ecologie), V (1) : 303-365.

POLLET A. (1974). Influence et répercussion d'une mise en culture cotonnière sur la dynamique des populations de deux Cicadelles savanicoles, *Neodartus vinula* STOL et *Neodartus* sp. Ronéo. ORSTOM : 35 pages.

POLLET A. (1977). Les insectes ravageurs du riz en Côte d'Ivoire. II. La faune rencontrée sur riz irrigué en Côte d'Ivoire Centrale. Les Cahiers de l'ORSTOM, série Biologie, XII (1) : 3-23.

POLLET A. (1981). *Maliarpha separatella* RAGONOT (*Pyralidae*, *Phycitinae*) sur riz irrigué en Côte d'Ivoire Centrale. Travaux et Documents de l'ORSTOM, n° 140 : 230 pages (correspond au Mémoire de Doctorat d'Etat, soutenu à Paris VI le 17/12/1980).

POLLET A. (1981a). Les insectes ravageurs des légumineuses à graines cultivées en Côte d'Ivoire (soja, niébé et arachide). Approches bibliographiques des problèmes. Ronéo. ORSTOM : 58 pages.

POLLET A. (1981b). Présentation des problèmes susceptibles d'être posés par les insectes ravageurs aux légumineuses à graines cultivées en Côte d'Ivoire. Communication au comité Technique approfondi ORSTOM (décembre 1981), Ronéo. ORSTOM : 4 pages.

POLLET A. (1982b) - Quelques réflexions sur le développement actuel au Sénégal des légumineuses à graines cultivées (soja, niébé et arachide). Rapport de mission (4 au 10 juillet 1982). - Rapport ORSTOM (novembre 1982): 21 pages.

POLLET A. (1983a) - Quelques réflexions sur le développement actuel au Nigeria des Programmes IITA consacrés à deux légumineuses cultivées sous les tropiques, le soja et le niébé. Bilans succincts et perspectives. Rapport de mission (1 au 10 novembre 1982). - Rapport ORSTOM (février 1983): 33 pages.

POLLET A. (1987). Projet soja. Indonésie 1987-1990. Volet entomologie. Mission Indonésie (15 juin - 1er juillet 1987) : 13 pages.

ROCHE D. (1978) - Fiche technique des cultures d'arachide, de soja et de ricin. IDESSA: 12 pages.

SHANK R.C., WOGAN G.N., GIBSON J.B. and NONDASUTA A. (1972) - Dietary aflatoxins and human liver cancer. II. Aflatoxins in market foods and foodstuffs of Thailand and Hongkong. - in Food Cosmet. Toxicol., 10: 61-69.

SMARTT J. (1961). Groundnut varieties of northern Rhodesia and their classification. Emp. J. exp. Agric., 29 : 153-158.

SMARTT J. (1976). Tropical pulses. ed. London U.K. - Longmans group limited : 348 pages.

Soybean digest (1983). Pest control guide.

SPRENKEL R.K., BROOKS W.M., DUYN J.W. (Van) & DEITZ L.L. (1979). The effects of three cultural variables on the incidence of *Nomuraea rileyi* on phytophagous *Lepidoptera* and their predators on soybeans. Entomological Society of America, 8 (2) : 334-339.

- TAYLOR D.E. (1980a). The groundnut aphid *Aphis craccivora* KOCH. Zimbabwe Rhodesia agric. J., 77 (1) : 2.
- TAYLOR D.E. (1980b). Soybean semi looper. Zimbabwe Agricultural Journal, 77 (3) : 111-112.
- TAYLOR D.E. (1980c). Bean stem maggot. Zimbabwe Agricultural Journal, 77 (5) : 213.
- TAYLOR T.A. (1963). The field pest problems on cowpeas in southern Nigeria Paper presented at the Nigerian Grain Legumes Conference at Samaru 1963, ZARIA Ahmadu Bello University : 1-8.
- TAYLOR T.A. (1965). An attempt quantitative estimation of major insect damages on cowpeas. Proc. Agric. Soc. Nigeria, 4 : 50-53.
- TAYLOR T.A. (1967a). The bionimics of *Maruca testulalis* (GEYER) a major pest of cowpeas in Nigeria. J. West. Afri. Sci. Assoc., 12 : 111-129.
- TAYLOR T.A. (1968a). The effects of insecticide applications on insect damages and the performance of cowpea in southern Nigeria. Niger. Agric. J., 5 : 29-37.
- TAYLOR T.A. (1976). *Maruca testulalis* (GEYER) (*Pyralidae*) an important pest of tropical grain legumes. International Symposium on pests of grain legumes ; Ronéo. IITA : 21 pages.
- TAYLOR T.A. & EZEDIMNA F.O.C. (1964). Preliminary investigations of field pests of cowpeas and methods of control. ed. Federal Department of Agricultural Research ; Memorandum n° 51 : 11 pages.
- THOMAS G.D., IGNOFFO C.M. & SMITH D.B. (1976). Influence of defoliation and depodding on quality of soybeans. Journal of economic Entomology, 69 (6) : 737-740.
- TODD J.W. (1976). Effects of stink bug feeding on soybean seed quality. - World soybean Research.
- WALKER P.T. (1970). Fiches techniques sur les ravageurs des légumineuses à graines. - in "Crop losses assessment methods", F.A.O. Manual on the evaluation and prevention of losses by pests, diseases and weeds : 112 pages.
- WHITEFIELD G.H. & ELLIS C.R. (1977). The pest status of foliar insects on soybeans and white beans in Ontario. - Proceedings of the Entomological Society of Ontario ; (1976 - publ. 1977), 107 : 47-55.
- WILLIAMSON A.J.P. (1976). Soybeans in Queensland. - Queensland Agricultural Journal, 102 (6) : 573-582.
- WITT N.B. (de) & GODFREY G.L. (1972). The literatures of arthropods associated with soybeans. II. A bibliography of the souther green stink bug *Nezara viridula* (LINNAEUS) (*Pentatomidae*). - Biological notes Natural History survey, Division State of Illinois (1972), n° 78 : 23 pages.
- WILSON, D.M. (1986). Detection and determination of aflatoxins in maize. - Proceedings of the Workshop "Aflatoxins in Maize", El Batan, Mexico, April 1986.
- ZAMBETTAKIS C., WALIYAR F, BOCKELEEE MORVAN & PINS O. de (1981) Results of four years of research on resistance of groundnut varieties to *Aspergillus flavus*. Oléagineux, 36:377-385