

MINISTERE DE L'AGRICULTURE

OFFICE DE PROTECTION

DES VEGETAUX



REPUBLIQUE DU MALI

Un Peuple – Un But – Une Foi

.....

**MANUEL DE FORMATION
DES AGENTS D'ENCADREMENT
EN PROTECTION DES VEGETAUX**

MARS 2012

Sommaire

INTRODUCTION	3
I. LES PRINCIPAUX RAVAGEURS DES CULTURES	3
1.1. ACRIDIENS	3
1.1.1. PRINCIPALES ESPECES D'ACRIDIENS ET LEUR BIOLOGIE	4
1.1.1.1. Les locustes	4
✓ Cycle biologique des locustes.....	5
1.1.2.1. La surveillance des locustes	8
1.1.2.2. La Surveillance des Sautériaux :	9
1.1.3. Lutte anti- acridienne	12
1.1.3.1. Méthodes de lutte	12
1.2. Coléoptères :	12
1.2.1. Les Méloïdes	12
1.2.1.1. Biologie	13
1.2.1.2. Méthodes de lutte	13
1.3. Lépidoptères	13
1.3.2. Les différents types de Chenilles	14
1.3.2.3. Les Chenilles mineuses des épis	15
1.3.3. METHODES DE LUTTE	15
1.3.3.1. Lutte contre.....	15
1.3.3.2. Lutte contre.....	15
1.4. Diptères	16
1.4.1. Mouches des fruits :	16
1.5. Les rongeurs	23
1.5.4. Dégâts :	25
1.6. Les oiseaux granivores	26
1.6.1. Caractéristiques de quelques oiseaux granivores :	26
1.6.3. Biologie - Calendrier des activités d'une colonie de <i>Quelea quelea</i>	27
1.6.4. La Surveillance des oiseaux granivores	27
1.6.5. Lutte :	27
II. QUELQUES PRINCIPALES MALADIES DES CULTURES	28
▪ Importance et distribution	38
▪ Description des symptômes.....	38
▪ Biologie :	47
▪ Répartition :	47
▪ Ecologie :	47
▪ Cycle de développement :	47
IV. PESTICIDES ET FORMULATIONS	48
4.1. Définition pesticides.....	48
4.2. Définition formulation	48
4.3. Le classement par groupe de nuisibles	48
4.4. Classement par groupe chimique	48
▪ Les Organochlorés ou Organohalogènes :	48
▪ Les Organophosphorés :	49
▪ Les Carbamates :	49
▪ Les Pyrethrinoides de synthèse	49
▪ Les Régulateurs de croissance et hormones juvéniles.....	49
▪ Les Pheromones	49
▪ Les Insecticides biologiques.....	49
4.5. Classification par Toxicité	49
4.6. Formulation.....	50
▪ Les concentrés à diluer à l'eau	50
▪ Les Produits à appliquer sans dilution.....	50
▪ Produits pour traitement des cultures	50
4.7. TECHNIQUES D'APPLICATION ET APPAREILS D'EPANDAGE	50

4.7.2. Appareils de traitement.....	51
▪ Les Poudreuses :.....	51
▪ Les pulvérisateurs.....	51
▪ Les appareils mixtes : (poudrage/pulvérisation)	51
4.7.2.1. Classification des appareils selon le débit :.....	51
4.7.3. PRECAUTIONS A PRENDRE POUR L'UTILISATION DES PESTICIDES.....	52
4.7.3.1. Mesures à prendre pour la manutention et le stockage des pesticides .	52
4.7.3.2. Mesures à prendre	53
▪ Avant le traitement :.....	53
▪ Pendant la préparation du produit et au cours de l'application.....	53
▪ Après traitement.....	53
4.7.3.3. Dispositions à prendre en cas d'intoxication	53
4.7.4. APPROCHE GESTION INTEGREE DE LA PRODUCTION ET DES DEPREDATEURS A TRAVERS LES CEP	54
4.7.4.1. Description de l'approche GIPD/CEP.....	54
4.7.4.2. Les principes de la GIPD.....	54
✓ Faire du producteur l'expert de son champ.....	54
4.7.4.3. Les objectifs de la GIPD :.....	54
4.7.4.4. Eléments fondamentaux d'un CEP	55
4.7.4.5. Contenu général du CEP	55

INTRODUCTION

Tous les ans au Mali, le rendement potentiel des cultures vivrières peut accuser des pertes considérables dues à la présence des nuisibles. Ces nuisibles comprennent des espèces d'insectes, d'oiseaux, de rongeurs, des maladies et des adventices.

L'invasion du criquet pèlerin en 2004- 2005 dans les pays du sahel en est une illustration.

Pour réduire les pertes imputables aux nuisibles, l'homme est obligé de lutter contre ces ennemis des cultures. De nombreuses méthodes de lutte peuvent être utilisées : mécaniques, culturales, biologiques, utilisation des variétés tolérantes et lutte chimique.

Ce document a pour but d'aider les agents d'encadrement à s'acquitter de leurs tâches avec toute l'efficacité et la sûreté voulues.

I. LES PRINCIPAUX RAVAGEURS DES CULTURES

1.1. ACRIDIENS

Les acridiens ravageurs de la zone soudano-sahélienne d'Afrique de l'Ouest peuvent être classés en deux catégories bien distinctes : les locustes et les sautériaux. Dans la première catégorie se situent le Criquet migrateur africain, le Criquet pèlerin, le Criquet nomade et le criquet arboricole. La seconde regroupe toutes les autres espèces de criquets, ravageurs ou non.

Les problèmes posés par ces deux catégories d'acridiens sont bien différents.

Les locustes sont des espèces à « transformation phasaire », c'est à dire pouvant, selon la densité des populations, se présenter sous deux formes très différentes appelées aussi phases : une forme ou phase solitaire et une forme ou phase grégaire. La phase grégaire est celle qui est responsable des dégâts, souvent considérables, causés par ces criquets. Le passage de la phase solitaire à la phase grégaire se réalise préférentiellement dans certaines zones : les aires grégarigènes. C'est dans celles-ci que peuvent prendre naissance les grandes invasions de locustes susceptibles de ravager les cultures de tout un continent. La stratégie de lutte préventive contre ces espèces passe donc par une surveillance intensive des aires grégarigènes, aires qui sont assez généralement situées en dehors des zones de cultures principales. Il s'agit d'éviter tout départ d'invasion afin d'empêcher les essaims d'atteindre les zones de cultures. L'invasion, une fois déclenchée, est très difficile à enrayer et peut se maintenir pendant de nombreuses années.

Dans le cas des **sautériaux**, il n'existe chez ces espèces ni phénomène de transformation phasaire, ni aires grégarigènes, ni risque d'invasions généralisées. Néanmoins, des pullulations importantes peuvent se produire. Des dégâts parfois très importants dus à ces ravageurs sont fréquemment enregistrés chaque année en zone sahélienne. Ces pullulations peuvent revêtir, par leur ampleur, le caractère d'une véritable calamité. Ce fut le cas des années 1974 - 1975, puis 1985 - 1986 et 2008. Pour ces espèces n'ayant pas d'aire grégarigène à surveiller, la stratégie de lutte est tout autre que celle évoquée pour les locustes.

Les actions de surveillance et de lutte à mener se déroulent pour l'essentiel dans les zones de cultures. Elles consistent en une surveillance intensive du niveau des populations de sautériaux sur l'ensemble du Sahel.

Cette stratégie repose sur la connaissance de la bio-écologie des principaux sautériaux ravageurs et sur la délimitation des périodes clés de leur développement, chacune de ces périodes présentant un problème spécifique et un risque particulier.

1.1.1. PRINCIPALES ESPECES D'ACRIDIENS ET LEUR BIOLOGIE

Les criquets ou acridiens appartiennent au règne animal, embranchement des Arthropodes, classe des insectes, ordre des Orthoptères, sous ordre des Caelifères, superfamille des Acridoïdea, famille des Acrididae.

Les acridiens se composent de deux grands groupes : les locustes ou acridiens grands migrateurs et les sautériaux ou acridiens dits sédentaires.

1.1.1.1. Les locustes

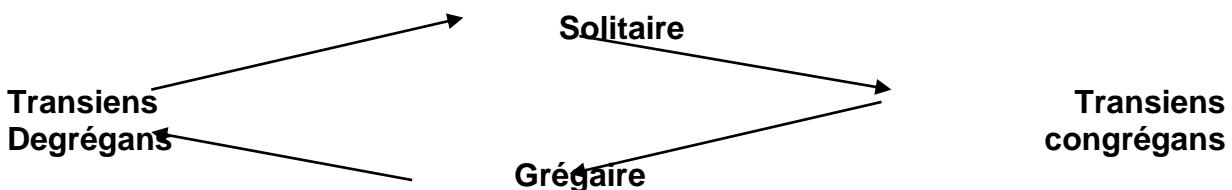
Ce sont des acridiens chez lesquels le regroupement provoque des changements biologiques, morphologiques, éthologiques, écologiques et de coloration.

L'ensemble de ces changements s'appelle la grégarisation ou phénomène phasaire. On dit que ces acridiens sont grégariaptés.

Ils peuvent être rencontrés sous la forme solitaire lorsqu'ils vivent dans une population à densité inférieure au seuil de grégarisation.

Exemple : 500 ailés à l'hectare pour le criquet pèlerin **SGR**
2. 000 ailés à l'hectare pour le criquet migrateur **LMI** ;
ou sous la forme grégaire lorsqu'ils vivent dans une population où la densité atteint ce seuil.

Entre ces deux formes extrêmes, ils sont appelés transiens congrégans lorsqu'ils évoluent du solitaire vers le grégaire et transiens degregans lorsqu'ils évoluent du grégaire vers le solitaire.



Pour ces acridiens, la transformation phasaire se fait dans des aires spécifiques appelées aires grégarigènes.

Dans ce groupe d'acridiens, nous pouvons citer :

- **Le criquet pèlerin ou *Schistocerca gregaria* (SGR)**
Dont l'aire de grégarisation au Mali se situe dans l'Adrar des Iforas, le Tamesna, le Timétrine et la vallée du Tilemsi (6^{ème}-7^{ème} et 8^{ème} région entre le 15^{ème} et 17^{ème} parallèles).



Schistocerca gregaria

En période d'invasion, cette espèce peut couvrir 29 millions de Km² et intéresser 66 pays.

- **Le criquet arboricole : ou *Anacridium melanorhodon***
Son aire de grégarisation se situe dans toute la zone sahélienne ; cette espèce est présente le long d'une bande au sud du Sahara qui s'étend des îles du Cap Vert à la Mer rouge.



Anacridium melanorhodon

Comparativement aux locustes à haut potentiel de grégarisation, le criquet arboricole est faiblement grégariapte. Les déplacements se font à distances courtes ou moyennes et de préférence pendant la nuit.

- **Le criquet migrateur africain ou *Locusta migratoria migratorioides*** dont l'aire de grégarisation au Mali se situe dans le Delta central du fleuve Niger et entre Ségou et Tombouctou.

En période d'invasion, il peut couvrir toute l'Afrique au Sud du Sahara, à l'exception de la forêt équatoriale.

- **Le criquet nomade ou *Nomadacris septemfasciata*** dont l'aire de grégarisation se situe dans le Delta Central entre Diafarabè et le Lac Debo.

✓ **Cycle biologique des locustes**

On entend par cycle biologique d'un être, la durée de tous les états par lesquels il passe au cours de sa vie.

Les acridiens passent par trois (3) états : Œuf – Larve – Adulte. La durée de chacun de ces états, le nombre de stades larvaires et le délai de maturation sexuelle des adultes varient d'une espèce à l'autre et parfois au sein d'une même espèce selon le sexe et ou les conditions écologiques.

Les œufs sont déposés en grappe appelée oothèque dans le sol où ils se développent jusqu'à l'éclosion. Après l'éclosion qui est la sortie des larves du sol, elles vivent dans les végétations où elles se développent par des mues successives (5 à 8 selon les espèces) jusqu'à l'état d'ailé ou imago. La vie larvaire dure 35 à 42 jours chez les locustes et de 15 jours à 3 mois chez les sautériaux.

Les ailés se déplacent par vol plus ou moins dense à des distances plus ou moins grandes selon les conditions écologiques et la capacité de déplacement des espèces.

Lorsqu'elles atteignent la maturité sexuelle, les femelles après accouplement déposent leurs œufs dans les aires favorables à l'oviposition.

Chez les locustes, les œufs déposés vont éclore entre 12 et 30 jours selon les espèces et les conditions écologiques.

Chez les sautériaux, les œufs peuvent éclore dans un délai de 10 à 30 jours ou rester en diapause dans le sol jusqu'à la campagne suivante.

Exemple du Criquet Pèlerin

a) Œufs : en grappe ou oothèque. Une femelle SGR peut pondre 3 à 5 oothèques quand elle est sous la forme solitaire et de 1 à 3 quand elle est grégaire.

Une oothèque de solitaire peut contenir 80 à 140 œufs pendant qu'elle ne peut contenir que 70 à 100 œufs chez les grégaires.

La durée de l'incubation des œufs varie de 12 à 30 jours.

b) Larves : quand l'embryon atteint son développement maximum, il sort de l'oothèque, c'est l'éclosion.

Dès sa sortie du sol, la larve dépose son enveloppe, c'est la mue intermédiaire.



La vie larvaire dure de 35 à 42 jours au cours desquels la larve passe par cinq (5) stades en procédant à une mue pour chaque changement.

Au cours de cette vie, les larves solitaires restent généralement vertes et passent le clair de leur temps en percher sur les arbres ou les herbes.

Par contre, les larves grégaires vivent en masses et se déplacent en bande en fonction des conditions écologiques.

Ethologie (comportement) des larves :

- ✓ La bande reste en percher toute la nuit sur les arbres ou arbustes ;
- ✓ Descend au sol une heure avant le lever du soleil ;
- ✓ Marche jusqu'à 12 heures ;
- ✓ Remonte en percher jusqu'à 15 heures (en fonction de l'évolution de la température)
- ✓ Reprend la marche jusqu'à une heure avant le coucher du soleil ;
- ✓ Reprend le percher jusqu'au lendemain

Dans la bande les larves sont :

- ✓ Noires du 1^{er} au 2^{ème} stade
- ✓ Roses au cours du 3^{ème} stade
- ✓ Jaunes maculées de noir aux 4^{ème} et 5^{ème} stades

c) **Adultes** : après la 5^{ème} mue ou mue imaginale, l'insecte devient ailé ou imago.

Les individus sont de couleur gris-clair chez les solitaires et roses chez les grégaires.

Les ailés grégaires font de longs déplacements en grand groupe appelé essaim. Un essaim de criquets peut contenir plus de 50 millions d'individus au km² soit 0,5 million à l'hectare.

La maturation sexuelle peut intervenir au bout de 15 jours à trois (3) mois selon les conditions écologiques et le cycle reprend.

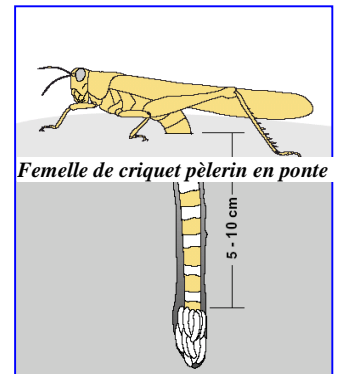
Les ailés sont généralement, de couleur jaune quand ils sont matures.

Les larves des solitaires passent par six (06) stades.

La durée de vie du criquet pèlerin est environ de six (06) mois.



Criquets pèlerins adultes en accouplement



Femelle de criquet pèlerin en ponte

1.1.1.2. Les sautériaux : Les sautériaux sont des acridiens chez lesquels le regroupement peut provoquer des changements de comportement ou de coloration mais jamais de phénomène phasaire complet. On dit qu'ils présentent des effets de masse.

Dans ce groupe, les espèces qui ont été les plus économiquement dangereux au cours de ces dernières années dans notre pays sont :



Aiolopus thalassinus

Oedaleus senegalensis	OSE
Kraussaria angulifera	KAN
Cataloïpus Cymbiferus	CCY
Hieroglyphus daganensis	HDA
Diabolocatantops axillaris	DAX
Aïolopus similatrix	ASI
Zonocerus variegatus	ZVA



Kraussaria angulifera

Ornithacris cavroisi..... OCA
Kraussella amabile..... KAM



Hieroglyphus daganensis

Ces acridiens ne sont pas grégariaptés mais peuvent être observés en pullulation dans toute la bande sahélienne du pays (du 12 au 17° N et 1° E au 12° W) ce qui rend leur surveillance difficile.

✓ **Cycle biologique des sautériaux**

Exemple du criquet sénégalais

Le criquet sénégalais (*Oedaleus senegalensis*) comme tout acridien passe par trois états : Œuf – Larve – Adulte.

La femelle peut pondre 1-3 oothèques dans sa vie. L'oothèque peut contenir 9- 33 œufs

Cette espèce peut faire 3 générations par an. Pour cela, la femelle à la possibilité de pondre deux types d'œufs. :

- ✓ les œufs diapausants ;
- ✓ les œufs à développement immédiat



Aiolopus simulatrix



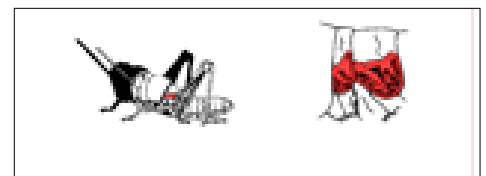
Oedaleus senegalensis

Les œufs diapausants sont pondus en fin de saison de pluies et sont à l'origine des larves de la 1^{ère} génération (larves de début des campagnes agricoles). Des œufs a développement immédiat (non diapausants) pour lesquels l'incubation dure 12-25 jours, sont obtenues les larves de 2^{ème} et 3^{ème} générations.

Les stades larvaires

Le nombre exact de stades larvaires est généralement inconnu, sauf pour les espèces les plus importantes. Par ailleurs, la détermination précise des stades larvaires est, pour les jeunes stades, assez délicate. Pratiquement, on pourra se contenter de regrouper les larves en 4 classes d'âge (ou étapes de développement). Cette méthode présente aussi l'avantage d'être applicable à toutes les espèces, quel que soit leur nombre réel de stades larvaires. On se basera sur les critères de taille des larves, d'aspect et de taille des ébauches alaires. Les 4 classes d'âge sont les suivantes :

Classe 1 : Larve à l'éclosion, d'aspect vermiforme, de taille à peine supérieure à celle de l'œuf ; cette classe d'âge correspond au premier stade larvaire réel.



Classe 2 : Larve jeune (excepté le 1er stade) et dont les ébauches alaires ont leur pointe dirigée vers le bas ; cette classe d'âge regroupe généralement de 1 à 3 stades larvaires réels.



Classe 3 : Larve âgée dont les ébauches alaires ont la pointe dirigée vers le haut ; ces ébauches sont encore petites et leur extrémité atteint juste la base de la patte postérieure.



Classe 4 : Larve âgée dont les ébauches alaires ont la pointe dirigée vers le haut ; ces ébauches sont de plus grande taille que dans la classe d'âge précédente et dépassent largement vers l'arrière la base de la patte postérieure.



Les aires de multiplication :

- ✓ La première située au Sud (entre les isohyètes annuelles 750 et 1 000 mm) est appelée **Aire de Multiplication Initiale (AMI)**.
Le développement de l'espèce reprend plus précocement qu'ailleurs.
- ✓ La seconde en position intermédiaire (entre les isohyètes 500 et 750 mm) est désignée comme **Aire Transitoire de Multiplication (ATM)**
- ✓ La troisième située au Nord de la deuxième (entre les isohyètes 250 et 500 mm) est désignée comme **Aire Septentrionale de Multiplication (ASM)**.
Elle n'est normalement utilisée par l'espèce qu'à l'apogée de la saison des pluies.

Ces trois zones fonctionnent dans l'alternance ci-après au Mali en fonction du déplacement du Front Inter Tropical (FIT) :

- ✓ **AMI : Avril-Mai-Juin**
- ✓ **ATM : Juin-Juillet Août**
- ✓ **ASM : Août-Septembre-Octobre**

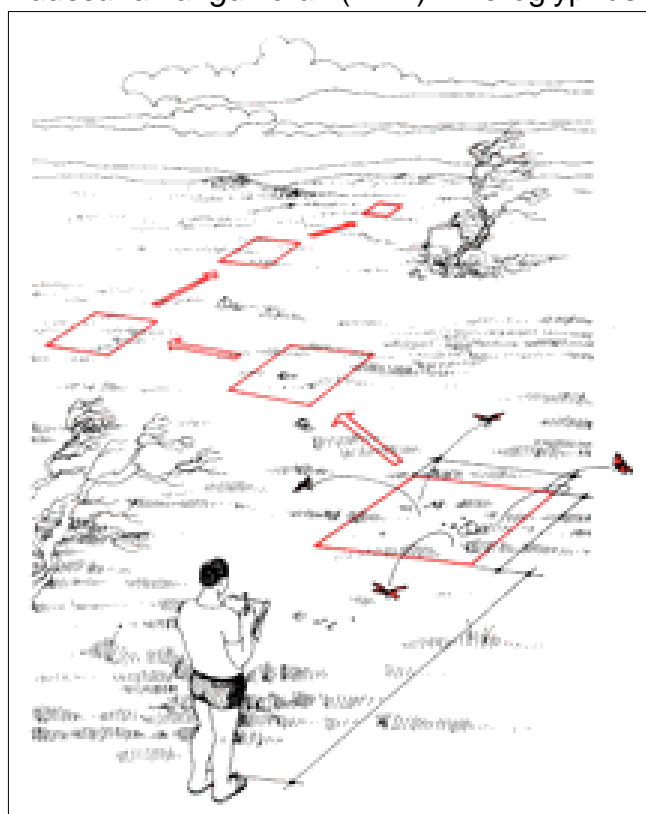
Les espèces du complexe des savanes : *Kraussaria angulifera* (KAN) Hieroglyphus *daganensis* (HDA) et *Cataloipus cymbiferus* (CCY) ont une seule génération par an dans la zone sahélienne.

1.1.2. La Surveillance et la Prospection Acridienne

- ✓ La surveillance a pour but de suivre l'évolution des populations d'un ravageur en vue de prendre les mesures pour ramener leurs densités à un niveau acceptable pour les cultures.
- ✓ La prospection est la base de la surveillance acridienne. Elle consiste à la réalisation d'observations de terrain conduites selon un protocole précis.

1.1.2.1. La surveillance des locustes

En période de rémission, elle consiste à effectuer des prospections périodiques dans



Evaluation de la densité de larves et d'aillés

l'aire de grégarisation des différentes espèces de locustes pour repérer les concentrations et les traiter afin d'éviter tout départ d'essaim vers les zones de cultures.

Concernant le Criquet pèlerin, trois (3) périodes de surveillance ont été retenues au Mali :

- **De Juin à Juillet** : Prospection d'évaluation du potentiel acridien dans l'Adrar et le Tamesna.
 - **D'Août à Novembre** : Prospection de suivi évolution reproduction de saison de pluie des populations autochtones et arrivée des populations allochtones : Adrar ; Timétrine ; Tamesna Secteur Ménaka.
 - **De Janvier à Mars** : Prospection pour évaluation population résiduelle et suivi éventuel de reproduction hiverno-printanière.
- ✓ **Le Criquet Migrateur Africain** : L'écosystème de l'aire grégaire de cette espèce a été fortement perturbé par les années de sécheresse, l'action de l'homme surtout de l'Organisation Internationale de lutte contre le Criquet Migrateur Africain (OICMA).

Néanmoins des prospections d'évaluation des arrivées du Sahel et de suivi de la première reproduction de saison sèche doivent être organisées de Novembre à Février dans le Delta Central.

1.1.2.2. La Surveillance des Sautériaux : Les espèces de ce groupe d'acridiens n'ont pas d'aire grégarigène. Ils peuvent faire des pullulations fréquentes ici et là dans l'ensemble du Sahel. Il convient donc de disposer d'un système de surveillance aussi large et décentralisé que possible.

Les paysans veilleront à la surveillance de leurs champs et environs immédiats et les agents d'encadrement assureront en outre celle des zones non cultivées servant d'habitats préférés de ces acridiens. Pour assurer cette surveillance, des prospections seront organisées aux périodes ci-après :

- **La Prospection de début de la saison des pluies** : Elle permet de déceler les premières éclosions larvaires des espèces à diapause embryonnaire et de prendre des mesures de protection des jeunes plants.
- **La Prospection de pleine saison de pluies** : Elle permet d'estimer les populations des espèces du complexe des savanes dans la zone des cultures et d'évaluer celles du criquet sénégalais dans le Sahel des pâturages.
- ✓ **La Prospection de fin de saison des pluies** : Elle permet de surveiller les arrivées massives des populations de criquet sénégalais dans les zones de cultures et le transfert des populations des espèces du complexe des savanes des jachères et friches vers les champs.
- ✓ **La Prospection de début de saison sèche : (Prospection d'oothèques)** : Elle permet le repérage de grandes concentrations d'oothèques qui peuvent constituer des zones à haut risque pour la campagne suivante.
- **La Prospection de saison sèche : (culture de contre saison)** : Elle permet la surveillance des sautériaux à reproduction continue (*Pyrgomorpha spp*) et à diapause



Photo 1 : Décapage du sol

imaginale (*Aiolopus similatrix*) etc.

1.1.2.3. Prospection des oothèques

Au niveau de chaque station d'échantillonnage, des prospections d'oothèques seront réalisées sur la base de la méthode décrite par Popov (1980) afin d'évaluer la densité d'oothèques, la densité d'œufs viables et le taux de prédation sur des blocs de 5 m² chacun. Cette activité sera conduite une seule fois en fin de saison sèche (mars-avril) afin de prendre en compte au maximum la prédation des ennemis



Photo 2 : mise à nu des oothèques

naturels des œufs diapausants. Au niveau de chaque site, 4 blocs représentatifs du milieu de Cinq (5) m² chacun seront échantillonnés. Le premier bloc de 5m x 1m sera choisi au hasard et les suivants seront réalisés à tous les 100 m à partir du précédent dans une direction choisie au préalable.

Les données relatives au type couvert végétal présent au cours de la saison pluvieuse précédente, à l'état de surface du sol, à la texture du sol ainsi qu'à l'identification du site (coordonnées géographiques) seront rapportées.

Pour le prélèvement des oothèques, les blocs des 5 m x 1 m sont tout d'abord délimités et un décapage de la couche superficielle du sol est réalisé à l'aide de sarcloirs afin de retirer les 3

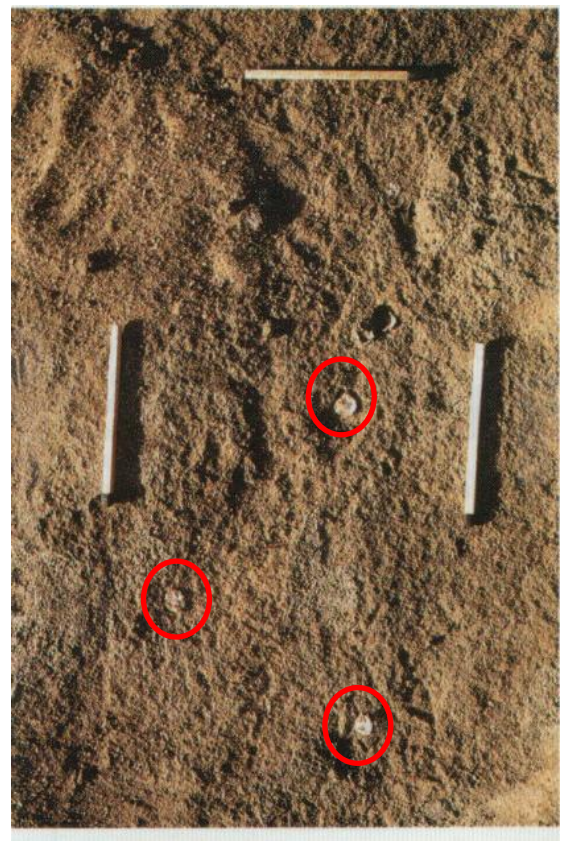


Photo 3 : Bouchons spumeux

premiers centimètres de sol. La terre décapée est ensuite déblayée à l'aide des balais à brosses (Photo 1). Les débris végétaux et les minéraux restant sont ensuite dégagés à l'aide d'un pulvérisateur pneumatique dont le réservoir est démonté et qui, une fois mis en marche, permet de provoquer un courant d'air assez puissant qui dégage le sable et les débris végétaux (Photo 2).

Photo 4 : dégâts caractéristiques des Tenebrionidae



Cette opération permet de localiser les oothèques reconnaissables par leur bouchon spumeux de couleur blanchâtre à gris clair (Photo 3).

Les oothèques mises à nu ainsi que leurs prédateurs et parasites seront collectés et conservés dans des tubes plastiques. Ces oothèques peuvent être dépiautées sur place ou au laboratoire afin d'identifier les oothèques viables et celles parasitées.

Il convient de souligner que les larves de certains prédateurs ne vivent pas à l'intérieur de l'oothèque et sont par conséquent difficiles à collecter (cas des Ténébrionidae dont les larves sont libres dans le sol) ; toutefois, les traces de leurs dégâts sont très caractéristiques et facilement reconnaissables.

Certaines oothèques sont donc vides mais portent les signes caractéristiques de l'attaque de certains groupes de prédateurs (cas des Ténébrionidae et des Méloïdae) et il convient de bien les différencier de celles vides par éclosion dont le corps n'est par endommagé ou perforé.



Photo 5 : dégâts caractéristiques des Meloidae

Les prédateurs et parasites incriminés seront relevés et pourraient être **éventuellement** mis en élevage en vue d'obtenir des émergences pour les besoins d'identification spécifique.

L'incubation est réalisée en plaçant les prédateurs et les œufs parasités dans des récipients (bouteilles vides d'eau minérale de 1.5 litres coupées à leur tiers et remplies de sable). Le sable est humidifié à 10% de son poids (10 ml d'eau pour 100 g de sable). La partie supérieure du dispositif est couverte par un sachet plastique transparent tenu par des élastiques (Photo 4).



Photo 6 : Incubation

L'ensemble du dispositif sera mis en incubation sous température ambiante et les émergences des adultes des prédateurs seront régulièrement notées sur des fiches conçues à cet effet.

Ce travail d'élevage peut être conduit par les agents PV au niveau des mini laboratoires des SRPV et des bases PV.

Au cours de cet échantillonnage des pontes de fin de saison, les données à collecter se résument ainsi à :

- **la densité des pontes ;**

- **la densité des œufs viables ;**
- **la nature et la densité des prédateurs et parasites des oothèques et des œufs ;**
- l'incubation des prédateurs et parasites pour des besoins d'identification (éventuellement).

NB. La densité d'œufs viables, qui détermine l'effectif de départ de la population acridienne en début de saison pluvieuse, constitue une donnée d'entrée fondamentale pour les deux modèles développés pour l'aide à la décision.

1.1.3. Lutte anti- acridienne

La lutte antiacridienne a connu différentes formes, méthodes techniques et utilise divers moyens (produits et matériels).

Dans la majorité des cas, le recours aux moyens chimiques s'impose. Mais on a parfois trop tendance à penser que la lutte antiacridienne repose uniquement sur des interventions chimiques. Celles-ci ne représentent que l'un des éléments de l'ensemble des moyens mis en œuvre pour aboutir à une protection satisfaisante.

Pour palier le mauvais usage et l'abus des pesticides, la lutte intégrée s'impose. Elle est définie ainsi : « Emploi combiné et raisonné de toutes les méthodes de lutte dont on dispose »

La lutte antiacridienne s'opère sous deux (02) formes ou stratégies : la forme préventive et la forme curative. Elle associe les différentes méthodes et techniques de lutte qui sont :

1.1.3.1. Méthodes de lutte

- ✓ **Mécanique** : Déterrage et destruction des oothèques ; organisation des battues avec des branchages contre les larves et les jeunes ailés etc....
- ✓ **Agronomique** : Labour avant semis, hygiène des champs, variétés tolérantes etc....
- ✓ **Biologique** : Utilisation d'organes ou êtres vivants pour réduire les populations.
- ✓ **Chimique** : Utilisation des produits phytosanitaires pour contrôler les infestations.

1.1.3.2. Techniques de lutte

La lutte antiacridienne peut se faire par appâtage ; poudrage ou pulvérisation par des moyens terrestres ou aériens.

1.2. Coléoptères :

Ils sont caractérisés par des :

- ailes antérieures ou élytres, épaisses et cornées, couvrent le plus souvent la totalité de l'abdomen ;
- ailes postérieures, membraneuses et repliées au repos sous les élytres ;
- pièces buccales broyeuses.

Près de 35 % des espèces connues sont phytophages.

1.2.1. Les Méloïdes

Les méloïdes (cantharides) appartiennent à l'ordre des coléoptères. Cette famille compte plus de 2.400 espèces réparties dans le



Psalydolytta spp.

monde. Au Mali, l'espèce dominante est *Psalydolytta vestita*. Les adultes apparaissent dans les champs de mil à partir du mois d'Août correspondant à la période d'épiaison et floraison.

1.2.1.1. Biologie

Les œufs sont d'une blancheur crème, cylindrique et éclosent après 22 jours d'incubation pour donner des larves très mobiles de premier stade appelées triongulins. Ces larves rampent sur ou dans le sol en quête d'oothèques de sautériaux. Ensuite ces triongulins se transforment en larves diapausantes qui passeront la saison sèche dans le sol.

Les adultes (imagos) fréquentent très souvent les fleurs et pratiquent souvent l'autohémorrhée : rejet par la bouche et les articulations des pattes d'un liquide coloré riche en cantharidine toxique pour les vertébrés.

En début de la saison des pluies (meilleures conditions de température et d'hygrométrie) ; la larve se transforme en pré-nymphé ensuite en nymphé qui donne l'adulte.

1.2.1.2. Méthodes de lutte

Durant ces dernières années, les méloïdés sont devenus importants dans la diversité des espèces et pour leurs dégâts sur les cultures vivrières en Afrique de l'ouest. Parmi les 97 espèces présentes, *Psalydolytta fusca* Oliv. et *P. vestita* Duf. sont les espèces d'une importance économique. Les méthodes de lutte suivantes sont recommandées :

✓ **Techniques culturales :**

- Semis précoce : afin que le stade sensible de la culture (floraison, grains laiteux) ne coïncide pas avec la pullulation de l'insecte.
- Un bon désherbage (régulier et intensif) des champs de mil réduit les cachettes des cantharides dans les cultures.
- Utilisation de variétés tolérantes : Il a été observé et prouvé que les variétés de mil à épis aristés sont moins attaquées que les variétés de mil à épis non aristés.

- ✓ **Lutte chimique :** L'application foliaire (0,5 m de hauteur) est conseillée dans les situations d'infestations de 2 à 3 ind/poquet.

Le traitement des épis n'est pas conseillé.

- ✓ **Lutte biologique :** Les ennemis naturels n'ont pas été identifiés.

- ✓ **Lutte alternative :** - utilisation du feu par piégeage ;
- utilisation de la fumée (brûlage de bouse de vache, vieux pneus) ;
- piège lumineux et de l'eau savonneuse.

1.3. Lépidoptères

Ce sont des insectes holométaboles (métamorphose complète). L'appareil buccal est formé d'une trompe suceuse, enroulé en spirale au repos, tandis que celui de la larve est constitué de pièces broyeuses bien développées.

Il existe plus de 250.000 espèces décrites de lépidoptères. Ils jouent un rôle important dans les écosystèmes : leurs œufs, les chenilles et les papillons adultes sont une source de nourriture importante pour d'autres insectes, les batraciens, mammifères et oiseaux. En consommant et digérant de grandes quantités de feuilles, les chenilles participent à réguler les écosystèmes, et les papillons sont des pollinisateurs des plantes.

Le régime phytophage, presque exclusif des larves des chenilles, fait des lépidoptères, des ravageurs particulièrement redoutables. Les adultes ou papillons, sauf quelques rares exceptions, ne s'attaquent pas aux végétaux et assurent la pollinisation des plantes.

1.3.1. Développement des papillons

La vie d'un papillon est composée de 4 grandes étapes : l'œuf, la chenille, la chrysalide et l'adulte (imago).

- **L'œuf** : la vie d'un papillon commence sous forme d'œuf pas plus gros qu'une tête d'épingle. La femelle pond ses œufs sur une plante nourricière. Certaines espèces ne se nourrissent que d'une seule plante, d'autres acceptent plus de choix (polyphage). Généralement, les œufs sont déposés sous les feuilles, de manière à ce qu'ils ne soient pas vus des prédateurs.

Après une semaine ou deux, les petites chenilles sortent des œufs.

- **La chenille** : munie de mandibules, commence à manger dès sa sortie de l'œuf. Beaucoup d'espèces se nourrissent principalement la nuit pour échapper aux prédateurs. La chenille est le seul stade où le papillon "grossit", en fait, une chenille passe son temps à manger et grossir, et elle le fait avec efficacité. Elles doivent muer de nombreuses fois avant d'atteindre leur maturité.

- **La chrysalide** : lorsque la chenille est parvenue à maturité, elle arrête de manger et cherche une "bonne place" pour se transformer en chrysalide. Pour ce faire, elle vide son estomac, s'attache à son support avec de minces mais solides fils de soie, et se transforme. La chrysalide est plus petite que la chenille. Certaines espèces construisent un cocon de soie autour de la chrysalide (hétérocères). Une chrysalide ne se nourrit pas ni ne bouge, et elle est d'une couleur similaire au support afin de ne pas être vue par les prédateurs. Une métamorphose se produit alors pour convertir la chenille en papillon. Elle peut prendre 10 jours à 1 an pour se faire, et c'est pour la majorité sous la forme de chrysalide que le papillon passe l'hiver.

- **L'imago** (papillon adulte) : lorsque le papillon émerge de sa chrysalide, ses ailes sont humides, petites et très fragiles. Il doit se tenir vertical pendant quelques heures avant que ses ailes puissent prendre



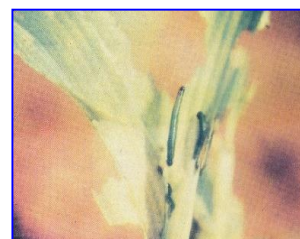
Larves de *Spodoptera exempta*

leur forme définitive.

En général, il existe 4 ou 5 mues larvaires avant la transformation en chrysalides. Certaines familles ont une activité diurne, et d'autres nocturnes.

1.3.2. Les différents types de Chenilles

- 1.3.2.1. **Chenilles défoliatrices** : Les feuilles de mil sont souvent consommées pendant la croissance végétative et



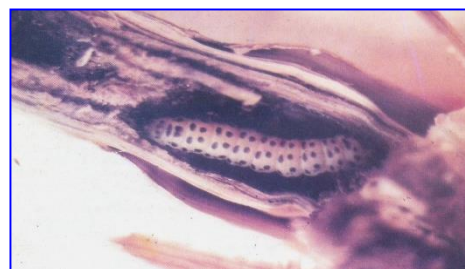
Larves de *Spodoptera exigua*

reproductive par les lépidoptères dont l'attaque est souvent sporadique.

Les larves de *Spodoptera exigua*, *S. exempta* et *S. littoralis*, ainsi que *Amsacta moloneyi* attaquent le mil/sorgho et le pâturage, etc., juste après la levée et causent des dégâts appréciables, souvent localisés.

- 1.3.2.2. **Les foreurs de tiges (borers de tiges)** :

Quelques espèces de lépidoptères endommagent le mil à partir d'un mois et demi jusqu'à la récolte. Parmi celles-ci : *Coniesta ignefusalis* et *Sesamia calamistis* sont les plus remarquables, le premier étant important sur le mil et le deuxième sur le maïs et le sorgho.



Larves de *Coniesta ignefusalis*

▪ ***Coniesta ignefusalis*** : Famille des Pyralidés, l'espèce peut compléter 2 à 3 générations durant la saison de culture. Les larves passent la saison sèche dans la tige en diapause. Les tiges laissées dans les champs après les récoltes et les tiges utilisées pour la fabrication des clôtures servent de source d'infestation.

Les adultes émergent à peu près un mois après les premières pluies. La femelle dépose des œufs dans la partie supérieure des gaines foliaires ou contre la tige par plaque de plusieurs dizaines (20 à 30 œufs).

Après 7 à 12 jours d'incubation les chenilles qui viennent d'éclore se regroupent sous la gaine foliaire. Moins de 24 heures après, elles commencent à forer leurs galeries dans le cornet et la tige.

1.3.2.3. Les Chenilles mineuses des épis

Plusieurs insectes attaquent le mil dès le début de la floraison jusqu'à la récolte. L'alimentation des insectes amène une perte directe de rendement. L'espèce la plus abondante est ***Heliocheilus albipunctella***.

• ***Heliocheilus albipunctella*** : La femelle pond à l'épiaison du mil et le sommet du rachis. L'incubation dure 3 à 5 jours. Les jeunes larves perforent les glumes et dévorent l'intérieur des fleurs, trahissant leur présence par des déjections en forme de petits granules blanchâtres. Les larves âgées coupent les pédoncules floraux empêchant la formation du grain ou provoquant sa chute, selon un tracé en spirale, les larves complètent leur développement entre 23 et 39 jours. Les larves âgées descendent au pied de la plante pour nymphoser dans le sol. Les papillons sont nocturnes et vivent une semaine environ. Il n'y a qu'une seule génération par an.

1.3.3. METHODES DE LUTTE :

1.3.3.1. Lutte contre *Coniesta ignefusalis* :

Qu'elles soient chimiques ou non chimiques, les méthodes de lutte disponibles actuellement offrent toujours une efficacité très limitée en milieu sahélien à cause des grandes possibilités de réinfestation à partir des plantes hôtes sauvages ou des champs environnants non traités.

• Méthodes non chimiques :

- ✓ utilisation de variétés résistantes (variété Ningari,) ;
- ✓ destruction des résidus de récoltes ;
- ✓ utilisation des pièges à phéromone.

• **Méthode chimique** : Elle est peu efficace et peu économique. Cependant l'application d'insecticides granulés systémiques et rémanents dans les cornets foliaires avant la montaison peut assurer une bonne protection.²

1.3.3.2. Lutte contre *Heliocheilus albipunctella*

• Techniques culturales :

- ✓ date de semis : les semis tardifs sont moins attaqués par la chenille
- ✓ utilisation de variétés résistantes : la variété NKK est tolérante aux attaques de la chenille.

• **Lutte chimique** : Application d'insecticides soit sur les épis en début d'épiaison, soit dans les aires de stockage des épis récoltés dans les champs (dans le cas où les larves âgées n'ont pas encore quitté les épis).

- **Lutte biologique** : Pour la lutte biologique, les ennemis les plus importants sont des hyménoptères (Braconidés, chalcidiens). Exemple : le *Bracon hebetor* par des lâchers contre les larves âgées de *Heliocheilus albipunctella* sur lesquelles il pond.

1.4. Diptères

L'ordre des diptères est caractérisée par la présence d'une seule paire d'ailes, la deuxième est réduite et sert de balancier. Les pièces buccales sont de type suceur-piqueur ou suceur-lécheur. Ce sont des mouches de petite taille aux ailes fortement tachetées, leur larve croît souvent dans les fruits et les plantes, créant ainsi des dommages souvent très importants.



C. cosyra

1.4.1. Mouches des fruits :

Les mouches des fruits appartiennent à la famille des Téphritidés avec quelques 4 500 espèces connues dont 250 d'importance économique. En Afrique occidentale, les études ont montré que les espèces les plus abondantes (*Bactrocera invadens*, *Ceratitis cosyra*, *Ceratitis silvestrii*, *Ceratitis fasciventris*, etc.) sont polyphages.



C. fasciventris



B. cucurbitae



B. invadens

1.4.1.1. Cycle de vie des mouches des fruits :



Phase accouplement des adultes.



Les pontes ont lieu sous les épidermes des fruits. Les œufs éclosent en 2 à 3 jours.



Les larves se développent en 5 à 10 jours en se nourrissant de la chair du fruit. Les fruits tombent.

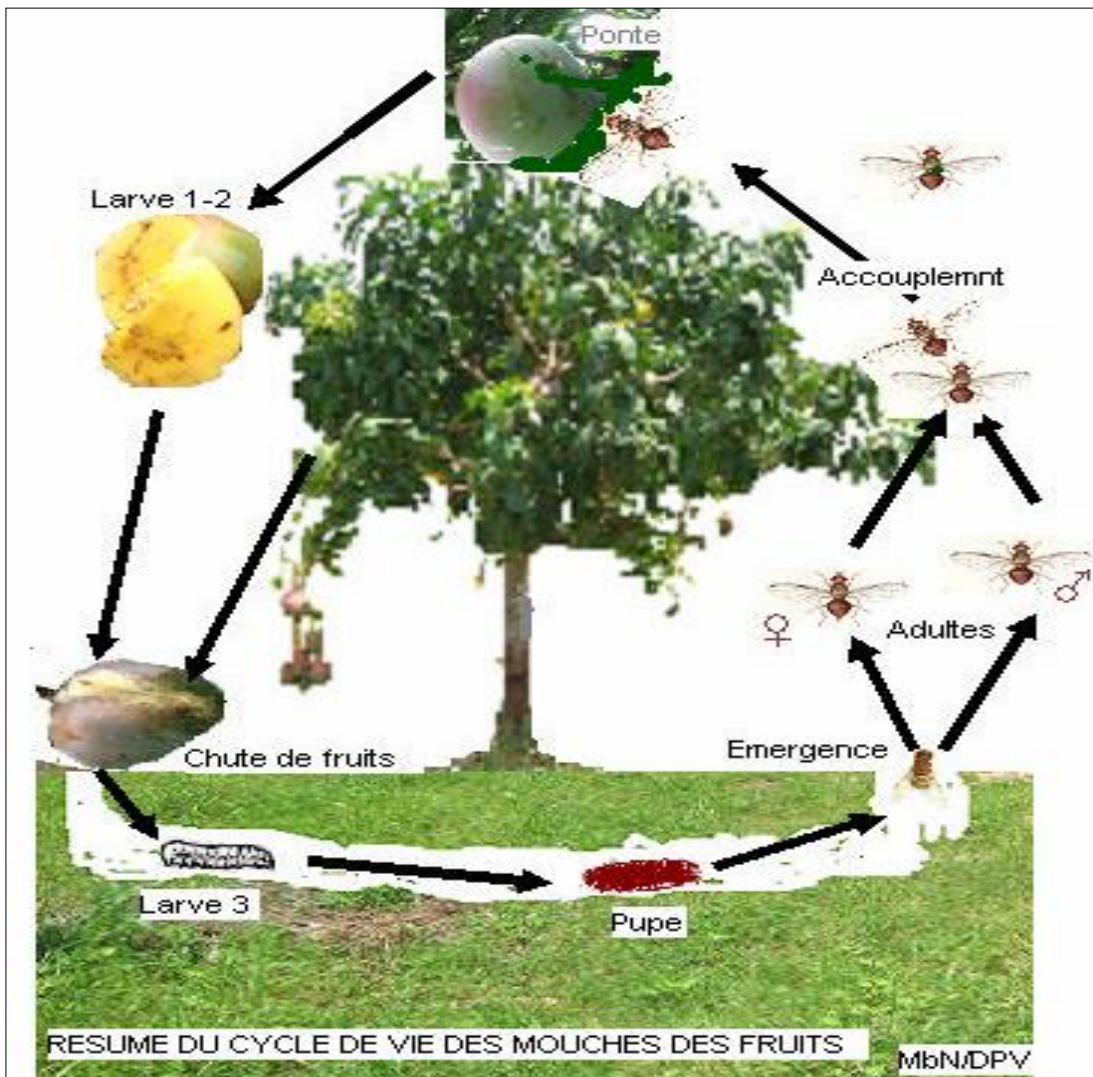


Les asticots quittent le fruit pour se puper dans le sol à des profondeurs variables jusqu'à 20 cm suivant la texture du sol pour une période de 9 à 12 jours.



L'adulte émerge du sol et peut avoir une durée de vie de 40 à 60 jours.





1.4.1.2. SYMPTOMES ET DEGATS

Les symptômes dépendent plus ou moins des fruits mais en général sur les mangues :

Au début, les symptômes sont de petits points noirs à l'emplacement des piqûres au moment des pontes. Dans certains cas, la sève apparaît et se dessèche en ressemblant à de petits cristaux translucides.

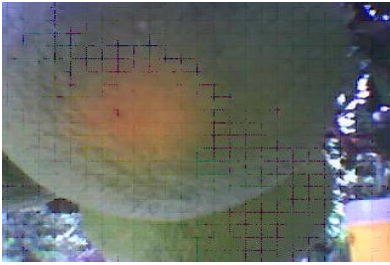


Le sectionnement de la chair du fruit fait apparaître des galeries dues par la présence des asticots. L'attaque se traduit souvent par le mûrissement précoce et la chute du fruit.



En phase finale, le fruit tombé pourrit sur le sol.





Chez les agrumes, le point de piquê est entouré par un halo jaune.



Le stade final est une pourriture du fruit.



Les pertes peuvent aller à plus de 60 % de la récolte pour les variétés tardives comme 'Keït' et 'Kent' en l'absence de mesures de protection.

1.4.1.3. Mesures prophylactiques :



Désherbage et confection de cuvettes : Les vergers sont tenus propres en éliminant les plantes hôtes alternatives ou leur production tout en exposant les pupes au soleil.



Enfouissement : Les fruits piqués et tombés sont ramassés et enfouis dans des trous profonds à plus de 20 cm pour éviter des émergences des mouches adultes à partir des fruits superficiels. Dans le cas des trous peu profonds, les fruits sont recouverts de chaux ou aspergés d'insecticide.



Ramassage : Les fruits ramassés quotidiennement sont mis dans des sachets en plastique de préférence de couleur noire. Ils sont bien fermés puis exposés au soleil pendant 3 jours.

Ramassage : Les fruits ramassés peuvent être incinérés dans un trou ou dans un fût vide.

Récolte précoce : La récolte précoce prévient une infestation continue, la cause des pullulations des populations de mouches des fruits.



Ensachage : Une méthode de lutte raisonnée consiste à mettre les fruits dans des sachets. Elle est appliquée avec succès contre les mouches en verger d'agrumes ou de manguiers en Asie.



En Afrique, son utilisation peut être limitée à des situations particulières comme sur les pieds domestiques ou en cas de main d'œuvre disponible. Elle présente l'avantage de protéger les fruits contre les autres insectes et maladies en prévenant d'autres infestations.

1.4.1.4. MÉTHODES DE LUTTE

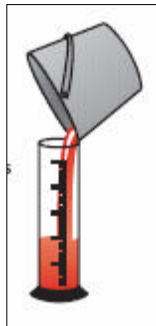
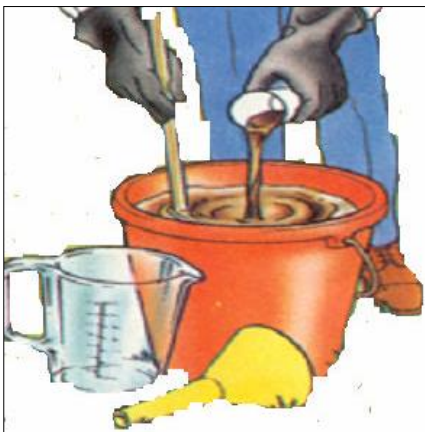
1.4.1.4.1. Technique d'Élimination des Mâles :



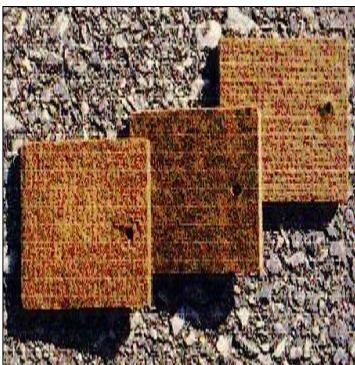
Cette démarche consistera à installer des appâts secs avec les paraphéromones (méthyle eugénol, trimedlure, cue lure) + de l'insecticide comme le DDVP. Il peut s'agir de cartouches imbibées de para phéromones prêtes à l'emploi ou d'une préparation par les applicateurs du programme de lutte. Le para phéromone est remplacé tous les 2 mois alors que la fréquence est de tous les mois pour l'insecticide.



Support de Seau de fabrication cartouche imprégné locale à suspendre et d'une plaquette à plus de 1,5 m de DDVP (un fil de fer du sol. Peut servir de support). Dans le cas de la préparation, elle doit avoir un caractère visqueux et adhérent. Ce qui aura pour effet de faire coller le mélange et de résister à la dessiccation facile. Le traitement est renouvelé tous les 2 mois.



Les blocs sont carrés avec environ 5 cm de côté et une épaisseur de 1,25 cm. Il faut en moyenne 10 blocs imprégnés à l'hectare. Un bloc est trempé dans un mélange de 9 ml de Méthyl Eugénol (ME) et 3 ml de malathion 96 UL pendant 24 heures.



Les blocs sont ensuite fixés sur un support à 2 m du sol dans la zone d'opération.



Des pompes à pression sont notamment utilisées pour asperger un mélange gluant de ME, d'insecticide et de gel qui se fixe sous forme de tache sur une branche ou sur le tronc de l'arbre. Les supports imprégnés conviennent bien à l'intérieur des vergers que dans les zones non cultivées car ils peuvent jouer un rôle déterminant en ce qui concerne les hôtes alternatifs sauvages dont la gestion peut être difficile.

1.4.1.4.2. Technique de l'appât alimentaire :

L'appât liquide a la particularité d'être non sélectif pour les deux sexes et de ne pas être spécifique pour une espèce de mouches des fruits. Les pulvérisations sont hebdomadaires et se font avant le démarrage de la constitution des pics des populations de mouches des fruits avant les premières pluies. Un nombre de 36 traitements est nécessaire pendant la période considérée. Environ, le tiers des arbres est traité sur 1 ha. L'appât peut être composé d'un pesticide CE et d'un hydrolysât de protéine (HP). Dans les nouvelles spécialités commerciales, l'insecticide est un bio pesticide (spinosad) comme «Success Appât ». Ce sera une partie de l'arbre ou une entité d'un ensemble qui est traitée.

Application sur portion de la surface foliaire

Application sur une portion du tronc.

Il peut s'agir d'objet confectionné à cet effet et imprégné du mélange HP + insecticide. L'objet est suspendu sur une branche des arbres à protéger.

L'appât peut aussi être une substance soluble dans de l'eau en lui conférant un aspect gélatineux qui permet d'engluer les mouches comme « Torula » et « Buminal ».



1.4.1.5. MESURES POST RECOLTE

Le triage se fait de la cueillette jusqu'au conditionnement.



Au verger, les fruits récoltés subissent un premier triage. Les mauvais fruits sont enterrés.



A la réception du chargement au Centre de conditionnement, un second triage a lieu.



Le triage doit continuer à l'intérieur du Centre



Le travail de sélection est poursuivi au niveau des **polices phytosanitaires.**

1.5. Les rongeurs

Parmi les nombreux ravageurs des cultures, les petits mammifères occupent une place importante et spécifique. Ils sont capables d'atteindre toute sorte de nourriture par leur aptitude de grimper, nager et creuser.

Les populations souvent nombreuses se multiplient rapidement et deviennent un fléau : cas du Sénégal et de la Gambie en 1972, et du Mali en 1986.

1.5.1. Systématique : L'ordre des rongeurs occupe plus de 1.700 espèces sur les 4.200 de mammifères connus, soit 40% des espèces. Le poids des rongeurs varie de 5g pour les rats à 25 kg pour les porcs-épics. La majorité des poids est comprise entre 30 et 150 g (rats et souris).



Dentition d'un rongeur

- **Caractéristiques** : Réduction et spécialisation des dents.

La réduction par :

- ✓ diminution du nombre d'incisives de 3 paires (mammifères primitifs) à 1 paire.
- ✓ Suppression de canines et de prémolaires remplacées par un long diastème
- ✓ Maintien de 3 paires de molaires

La spécialisation : des incisives uniformes et de grande taille, dent à croissance continue pour compenser l'usure.

En Afrique, 3 grandes familles de rongeurs les plus connues sont : les Sciuridés ; les Gerbillidés et les Muridés.

- ✓ **Les Sciuridés** : Famille des écureuils Exemple rat palmiste ou *Xerus erythropus* : strictement terrestre et fouisseur.



Mus musculus (souris domestique)

- ✓ **Les Muridés** : rats et souris

Exemple *Mastomys*, rat à mamelles multiples.

- ✓ **Le *Cricetomys gambianus*** : rat de Gambie ou rat « Toto ». Certains muridés africains ne sont à proprement parler ni des rats ni des souris. Exemple *Arvicanthis sp* rat Roussard à poil dur, gris foncé et roux.



Une gerbille

- ✓ **Les Gerbillides (Gerboises)** : Types *Gerbillus campestris*, *G.nanus* Espèces de petite taille se caractérisant par leur sole plantaire velue. Elles sont nocturnes et terricoles ; creusent des terriers très profonds et très complexes qu'elles comblent de réserves de graines.

1.5.2. Biologie et écologie des rongeurs :

Habitat : Les rongeurs occupent tous les types de milieux présentés sur la terre.

En Afrique, on les rencontre dans le désert (Gerboises), le Sahel, la savane, la forêt (Aulacode ou Agouti du Bénin), en brousse, en ville et dans les jardins potagers (rat mulot).

Certains sont arboricoles (écureuils, muridés), terrestres, nid en paille et dans les herbes (*Arvicanthis*), d'autres exclusivement terriens (30 cm à 2 m de profondeur).

- **Activités** : La plupart des rongeurs sont nocturnes (actifs la nuit). D'autres ont une activité crépusculaire sinon diurne. Exemple : écureuils.
- **Régime alimentaire** : Les rongeurs sont végétariens mais se nourrissent aussi d'insectes et de larves donc un régime mixte de graines, fruits ; végétaux verts. Certains ont un régime omnivore basé sur le reste des provisions et de déchets laissés par l'homme. Exemple **Rattus**.

Les rongeurs granivores mangent 1/10 de leur poids par jour.

Les rongeurs herbivores mangent l'équivalent de leur poids par jour. Exemple Aulacode ou Agouti (Bénin, Gabon, etc..) qui vit dans la forêt et les espaces boisés. Il est plutôt nocturne et vit en groupe ou seul selon son bon vouloir.



Aulacode (Agouti)

1.5.3. Reproduction : Les rongeurs sont des animaux polyoestriens et se reproduisant selon un rythme saisonnier.

Un animal polyoestrien est un mammifère qui présente plusieurs cycles œstraux par an). Le cycle œstral est la période comprise entre deux œstrus (chaleurs vraies) en absence de fécondation.

Exemple : la durée du cycle œstral est : souris ou rate blanche 4-6 jours ; cobaye 15-17 jours ; brebis 17 jours ; jument, vache, chèvre et truie 21 jours ; ânesse 26 jours ; chienne 6 mois.

On distingue 4 phases :

- anoestrus, phase de repos sexuel,
- prooestrus, phase de développement du follicule ovarien,
- œstrus, maturation du follicule, ovulation, chaleurs,
- dioestrus, postœstrus ou metœstrus après l'œstrus ; un corps jaune produit de la progestérone

✓ **Caractéristiques de la reproduction :**

- ✓ Rythme : En Afrique intertropicale, la saison de reproduction commence à la fin de la saison des pluies et va jusqu'à la saison sèche, selon le climat.
- ✓ Durée de la gestation : Trois semaines chez les petits rongeurs (ex : *Mus musculus* ou souris domestique, gerbille) ; de deux à sept mois chez certains gros rongeurs (ex : *Hystrix cristata* ou porc-épic).
- ✓ Fécondité : Variable selon la saison. 4 à 8 petits par portée toutes les six semaines. 3 semaines de gestation et 3 de lactation.

✓ **Dynamique de la population** : C'est la représentation des cycles d'abondance en fonction de la natalité, de la mortalité et de la dispersion.

La natalité dépend de la fécondité et de la longueur de la saison de reproduction.

La mortalité dépend de la prédation, l'épizootie, la famine etc.....

Le phénomène est mal étudié en zone tropicale. En zone Sahélienne, les Gerbillidés et les Muridés ont une durée de vie de 1 à 2 ans.

Les rongeurs Sahéliens ont un minimum d'effectif annuel en septembre et un maximum en Décembre - Janvier. Les pullulations peuvent être soit cycliques, soit irrégulières à cause des facteurs climatiques.

1.5.4. Dégâts : Les dégâts peuvent revêtir des aspects quantitatifs ou qualitatifs : souillure des aliments et denrées stockées, dégâts de cultures maraîchères et de semis.

- ✓ **Estimation des dégâts** : Elle est parfois difficile et complexe. Sur culture, elle se fait par comparaison de rendement et de superficies bien protégées et non protégées.
- ✓ **Estimation de densité** : Elle peut être obtenue par piégeages, par évaluation relative (décomptage des traces ou de des terroirs de rongeurs par unité d'observation).

1.5.5. Méthodes de protection et de lutte

- **Principe de lutte** : Il vaut mieux intervenir lors du minimum d'abondance que d'attendre la pullulation, d'où la nécessité de connaître le cycle biologique des rongeurs visés.
- **Lutte indirecte** : consiste à rendre le milieu le moins hospitalier que possible aux rongeurs par :
 - ✓ la suppression du milieu favorable : nettoyage des digues et diguettes, entretien des cultures, suppression des sources de nourriture.
 - ✓ la protection mécanique de barrière anti-rat : grillages.
 - ✓ la préservation de la faune de prédateurs (chats, serpents, oiseaux de proies, lézard etc.....)
- **Lutte directe** : elle consiste à éliminer physiquement l'animal par certains procédés tels que :
 - effarouchement optique et acoustique ;
 - destruction manuelle ;

- piégeages ;
- battues.
- **Lutte chimique** : usage des rodenticides. On peut citer :
 - les toxiques violents comme le phosphore de zinc ;
 - les toxiques chroniques ou anti-coagulants tels que Coumafène ou Warfarin, Bromadiolone, Chlorophacinone à 0,005 g/kg d'appât (le riz servant de support).
- **Lutte intégrée** : Il convient de souligner que l'utilisation d'une seule méthode de lutte ne peut pas contrôler efficacement les populations de rongeurs, d'où la nécessité de combiner judicieusement plusieurs méthodes de lutte disponibles

1.6. Les oiseaux granivores

Les oiseaux granivores, notamment le travailleur à bec rouge ou *Quelea quelea*, moineau doré ou *Passer luteus* et les merles métalliques ou *Lamprotornis chalybaeus*, causent des dégâts considérables aux cultures.

1.6.1. Caractéristiques de quelques oiseaux granivores :



Un couple de *Quelea quelea* construisant un nid

- ***Quelea quelea* (travailleur à bec rouge ou mange-mil)** : C'est un petit oiseau qui mesure 12 cm, pèse environ 18g et qui s'attaque aux cultures de mil, sorgho et riz. Il commet les dégâts généralement sur les cultures sur pied mais peut aussi ramasser les graines enterrées, obligeant ainsi le paysan aux ré semis. Il se rencontre dans toute l'Afrique de l'Ouest et en général entre les isohyètes 300mm et 700mm.



- ***Passer luteus* (moineau doré)** : Oiseau des zones subdésertiques, sensiblement de même taille que le mange-mil, il mesure 12cm, pèse 15g. Le mâle a la tête et le ventre jaune, le dos marron, la femelle et les jeunes sont gris - bruns. Il vit dans la zone sahélo saharienne où il nidifie dans les épineux et s'attaque principalement au mil et au sorgho.

- ***Ploceus cucullatus* (gendarme du village)** : Plus gros que le mange-mil, il mesure 17cm et pèse 40g ; le plumage est de couleur jaune vif avec la tête noire en période de reproduction et gris verdâtre le reste de l'année. Il vit et nidifie près de l'eau et parfois à proximité des villages. Il est présent partout en Afrique de l'Ouest.

- ***Quelea erythrops* (travailleur à tête rouge)** : Par la taille et la couleur du plumage, il ressemble au *Quelea quelea*, mais pendant la reproduction les mâles ont la tête et le cou rouges et le bec noir. Inféodé aux zones pré forestières, il nidifie sur les plantes herbacées surtout en zones inondées et marécageuses. Il s'attaque au mil, au sorgho mais surtout au riz.

1.6.2. Les oiseaux d'eau

Plusieurs espèces appelées oiseaux d'eau ont l'habitude de se rassembler dans les rizières et à cette occasion commettent des dégâts soit par piétinement des plantes soit en prélevant des graines sur les épis à maturité ou déposés sur les meules après la récolte. Les principales espèces d'oiseaux d'eau sont les suivantes :

- *Plectropterus gambiensis* (canard armé)



Ploceus cucullatus

- *Sarkidioensis melanatos* (canard casqué)
- *Anas querquedula* (dougoudougou)

Les dégâts causés par les oiseaux d'eau atteignent généralement 10% de la récolte dans la plupart des pays où ils opèrent.

1.6.3. Biologie - Calendrier des activités d'une colonie de *Quelea quelea* (d'après Peter Ward) :

1^{er} jour : Arrivée des oiseaux

du 1^{er} au 3^{ème} jour : Construction des nids

du 3^{ème} au 4^{ème} jour : Début de la ponte et fin de construction des nids

du 4^{ème} au 13^{ème} jour : Incubation des œufs : les oiseaux ne couvent pas mais visitent leurs nids de temps en temps pour retourner les œufs : il y a en général 2 à 4 œufs par nid.

du 13^{ème} au 15^{ème} jour : Eclosion des œufs et naissance des oisillons. Ils sont nus avec quelques poils sur le crâne. Les yeux sont fermés.

du 15^{ème} au 25^{ème} jour : Croissance des jeunes. L'oisillon pèse 1,5g à la naissance et environ 15g à 10 jours ; il est activement nourri par les parents. Vers le 15^{ème} jour les plumes des ailes commencent à pousser et les yeux s'ouvrent.

du 26^{ème} au 30^{ème} jour : Les jeunes sont emplumés et commencent à sortir du nid ; ils peuvent y revenir passer la nuit. Ils sont encore complètement nourris par les parents.

du 31^{ème} au 39^{ème} jour : Les jeunes volent dans les arbres, descendent au sol pour commencer à se nourrir seuls. Ils sont en général rassemblés sur les plus gros arbres de la colonie. Les parents viennent encore les nourrir sur les branches.

Après le 40^{ème} jour : Les parents abandonnent les colonies, les jeunes se dispersent en petits groupes autour des mares voisines de la colonie.

1.6.4. La Surveillance des oiseaux granivores

Elle consiste à repérer les dortoirs, reposoirs ou zone de nidification des oiseaux en vue de mener des actions de lutte pour réduire leur nombre chaque fois que les cultures sont sujettes à des dégâts importants, dus à leurs attaques.

Les prospections aviaires peuvent se faire en Avril Mai dans le but de réduire la population parentale ou en Septembre Octobre Novembre pour la protection du riz irrigué contre les grands vols d'oiseaux granivores.

1.6.5. Lutte : Une action de lutte efficace ne peut pas être menée sur le champ même car les oiseaux changent constamment de site.

A l'échelon privé, seul peut être mis en place un système de prévention directe des dégâts, mais on ne peut organiser aucune opération de lutte anti-aviaire. Celles-ci doivent être menées à grande échelle et entraînent un déploiement de moyens techniques considérables. Cette lutte doit être prise en charge par l'Etat, car elle nécessite l'intervention d'équipes de traitement spécialisées avec des grands moyens.

✓ **Prévention directe** : Dans ce cas, les champs sont protégés contre les attaques des oiseaux. En général, les paysans assument cette tâche eux-mêmes. Il n'existe toutefois aucune méthode garantissant une protection sûre.

Méthodes de prévention directe :

MESURES	APPRECIATIONS
- Effarouchement, épouvantail etc.	Peu onéreux-accoutumance des oiseaux-protection peu sûre.
- Surveillance des champs : Tambour, fusil, etc.	Accoutumance-nombreux personnel- pas sûre.
- Installations acoustiques et de tirs automatiques Sirènes- Hauts parleurs	Ces systèmes ne sont pas toujours disponibles, accoutumance des oiseaux-protection peu sûre.
- Utilisation de cendres (contre Anas)	Système onéreux
- Lampe tempête (C. armé)	
- Couverture totale des champs : PPIV (filets de protection)	Succès garanti mais onéreux

- ✓ **Prévention indirecte** : La prévention indirecte implique la destruction des oiseaux. Diverses méthodes ont été testées afin d'accroître l'efficacité des opérations.

Méthodes et prévention

METHODE	APPRECIATION
Traitement avec appareils terrestres	Probabilité de succès : Moyenne
Traitements avec aéronefs : Avions agricoles – Hélicoptères	Conditions : Présence de site d'atterrissage, balisage du site. Probabilité de succès : Elevée
Dénichage	Probabilité de succès : Elevée quand les jeunes sont encore aux nids.
Filets de capture	Peu de succès, onéreux

1.6.6. PROGRAMME DE TRAITEMENT

Le succès des actions de lutte contre les ravageurs dépend dans une large mesure de l'efficacité du produit de traitement.

Même le poison le plus virulent n'a aucun effet s'il n'entre pas suffisamment en contact avec l'oiseau.

II. QUELQUES PRINCIPALES MALADIES DES CULTURES

2.1. PRINCIPE DE LA PATHOLOGIE VEGETALE

La pathologie végétale ou phytopathologie est aux plantes ce que la médecine est à l'homme et la médecine vétérinaire est aux animaux. Chacune de ces disciplines étudie les causes, les mécanismes et le contrôle des maladies affectant les organismes auxquels elles se rapportent.

2.1.1. Les différents types de maladies

Une maladie peut être définie par une succession de réponses invisibles et visibles des cellules et des tissus de plantes, suite à l'attaque d'un microorganisme ou à la modification d'un facteur environnemental qui provoque des bouleversements de forme, de fonction ou d'intégrité de la plante. Ces réponses peuvent induire une altération, voire la mort de la plante ou certaines de ses parties.

En général, les dommages causés par les ravageurs ne font pas partie de la pathologie végétale sauf leur rôle dans la transmission des maladies.

Des milliers de maladies affectent les plantes. En moyenne chaque type de plantes peut être affecté par une centaine de maladie.

Les maladies des plantes sont parfois regroupées par :

- type de symptômes (pourriture racinaire, flétrissements, taches foliaires, rouilles ...) ;
- type d'organes qu'elles affectent (maladies racinaires, maladies des tiges, maladies foliaires),
- type de plantes affectées (herbacées, maraichers) ;

Les maladies infectieuses sont causées par les champignons, les procaryotes, les virus, les nématodes et les maladies non infectieuses par la température, l'humidité, les carences nutritionnelles, la phytotoxicité, le pH du sol, mauvaises pratiques culturales etc.

2.1.1.1. PRINCIPALES MALADIES DU MIL

2.1.1.1.1. Le Mildiou : *Sclerospora graminicola*

La maladie est endémique dans les régions sahéliennes et provoque 20 à 60 % de perte de rendement dans le Sahel. Les conditions climatiques constituent un facteur épidémiologique essentiel pour cette maladie.

Symptômes

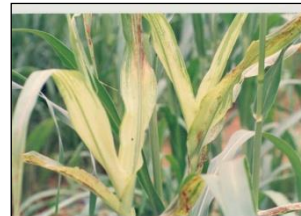
Les premières feuilles atteintes montrent de longues bandes pâles allant de la base au sommet, mais gardant leur coloration verte.



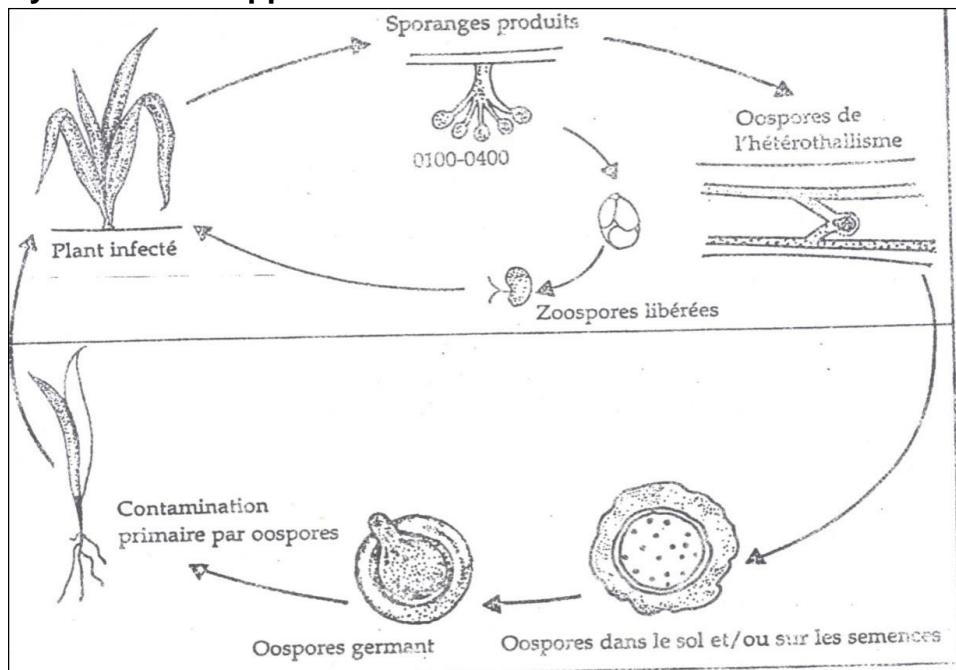
Les feuilles suivantes présentent une chlorose plus marquée et les dernières feuilles deviennent entièrement chlorotiques.

Sous forte humidité un feutrage blanchâtre apparaît à la face inférieure des feuilles atteintes. Les attaques précoces provoquent le rabougrissement des plants et leur mort par dégénérescence des feuilles. En cas d'attaque tardive, les entre-nœuds se raccourcissent et le tallage devient excessif.

Après épiaison, les inflorescences des plants infectés peuvent être transformées en organes foliacés d'aspect varié, d'où le nom de "virescence du mil" ou "épi vert"



Cycle de développement du mildiou



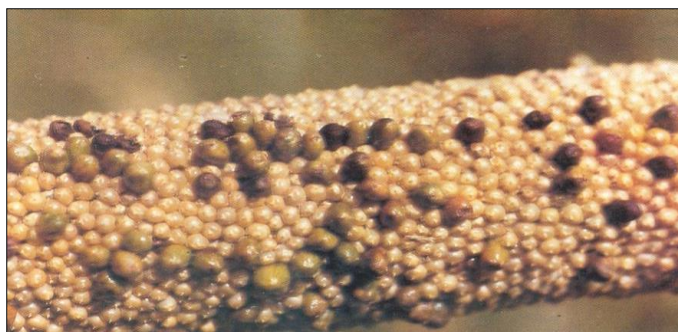
Mesures de lutte

- Utilisation des semences saines et destruction des débris végétaux par le feu ou un enfouissement.
- Destruction des plants malades dans les champs.
- **Utilisation de *Fusarium longipes*** qui attaque les oospores du champignon
- Traitement des semences par des fongicides systémiques.

2.1.1.1.2. Le Charbon du mil (*Tolyposporium penicillariae*)

Importance

On estime à 5 - 10 % la proportion des épis porteurs de grains charbonneux. La maladie est endémique dans les régions où le mil est cultivé.



Les **symptômes** ne se manifestent que sur les épis. Les ovaires infectés se transforment en sacs globuleux, dont la taille est supérieure aux grains (3-4 X 4-6 mm). Ils sont d'abord verts, puis deviennent bruns à noirs.

Epi de mil atteint de charbon

Biologie et cycle de vie

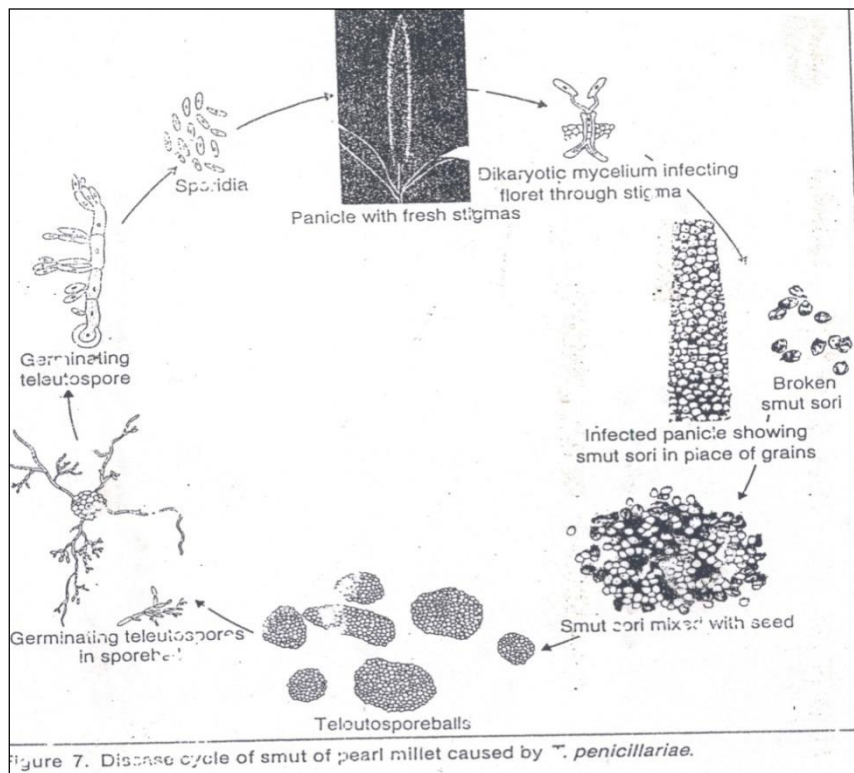
Le champignon se conserve dans le sol et sur les graines souillées par les probasides qui assurent également la dissémination. Lorsque les conditions sont favorables, les probasides produisent des sporidies capables de contaminer les jeunes ovaires.

Facteurs épidémiologiques

- Les fleurs jeunes
- Une forte humidité
- Une culture répétée de mil sur une même sole

Les mesures de lutte

- L'emploi de variétés résistantes est le seul moyen de lutte efficace disponible ;
- Cependant une inspection des champs de production de semences au moment de la floraison permet d'éliminer les champs contaminés ;
- Le traitement des semences au **Ceresan** permettrait d'éradiquer l'inoculum (les spores adhérent à la graine) externe.



2.1.1.2. MALADIES DU SORGHO

2.1.1.2.1. Les Charbons

2.1.1.2.1.1. Le Charbon Couvert - *Sporisorium sorghi* Link

Distribution et importance

Très répandue dans le Sahel

Symptômes de la maladie

- Les grains sont remplacés individuellement par des sores de charbon ;
- Le péricarpium reste souvent intact jusqu'au battage ;
- La taille, la couleur et le degré de fragilité des sores varient avec la race du champignon et la variété du sorgho.

Les sores peuvent être très petites, à peine plus grosses que la taille des graines normales (gauche) ou atteindre 1,2 cm (droite)

Épidémiologie

- Le principal mode de transmission est constitué par les semences
- L'infection de la plantule se fait dès les premiers stades de la germination
- L'infection est faible sur la culture semée dans un sol chaud et très humide
- Des semis profonds et des sols à pH voisin de la neutralité sont un facteur favorable à la maladie
- Il existe des races physiologiques de *S. sorghi*

Mesures de lutte

- Traitement des semences en utilisant les fongicides homologués: Exemple : thioral vert pour les mil et sorgho ; thioral rouge pour l'arachide.
- Trempage des graines 4 h dans l'eau, suivi d'un séchage à l'ombre puis au soleil

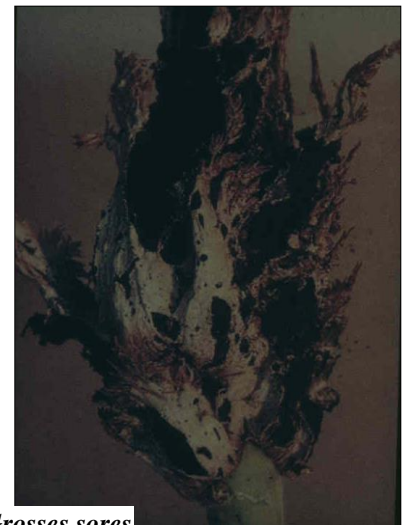
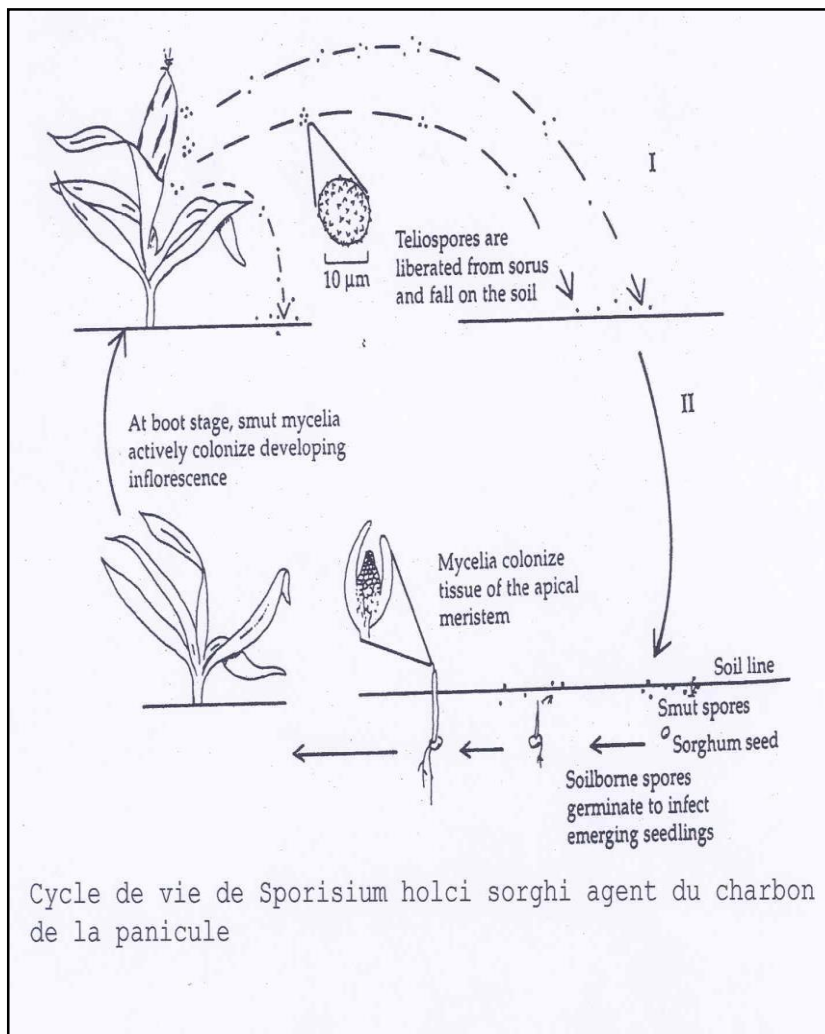
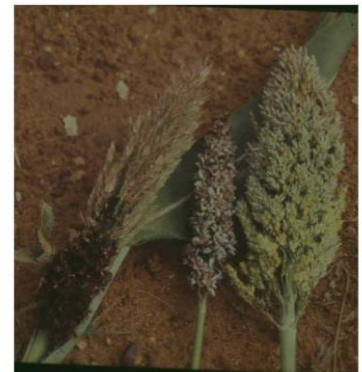
2.1.1.2.1.2. Le Charbon de la Panicule - *Sporisorium holci-sorghi*

Importance et Distribution

Très répandue dans le Sahel elle est la maladie la plus grave qui sévit sur le sorgho au Niger.

Symptômes de la maladie

- Les panicules atteintes sont entièrement transformées en énormes vésicules blancs jaunâtres ;
- L'enveloppe mince et fragile des vésicules se déchire très tôt en libérant une masse sporifère noire ;
- Parfois, seule la partie basale de la panicule est transformée en vésicule sporifère, cependant la partie apicale reste stérile ;
- En dehors du symptôme sur panicules, il y a une légère réduction de la croissance des plantes malade.



Grosses sores



Petites sores

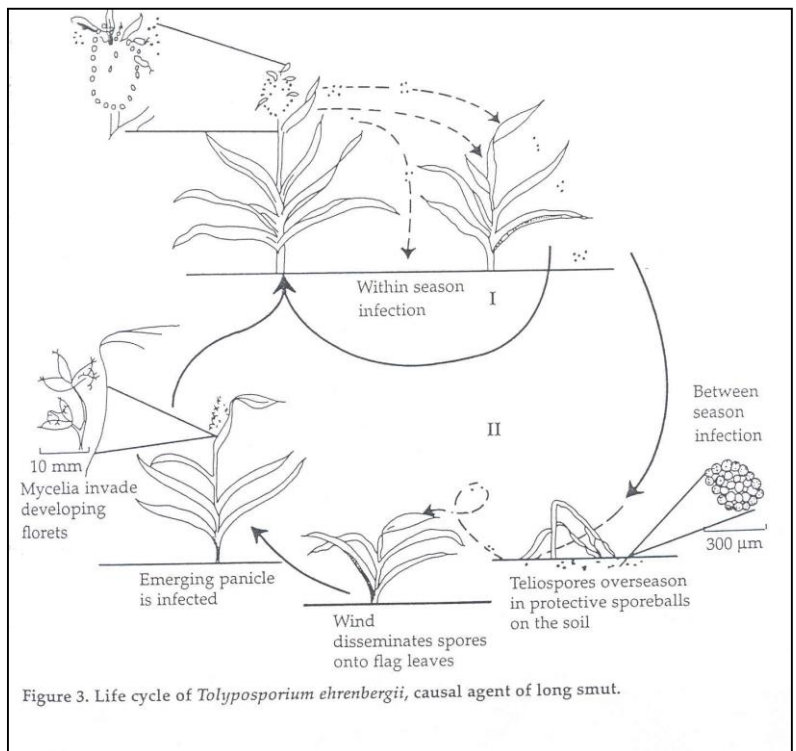
2.1.1.2.1.3. Le charbon allongé - *Tolyposporium ehrenbergii*

Distribution et importance

La maladie n'affecte qu'une proportion des fleurs. Dans certaines régions du Sahel, plus de 40 % des grains sont attaqués. Elle est particulièrement fréquente dans les plantes issues des semis tardifs.

Symptômes

A la floraison, les fleurs se transforment individuellement en de grandes vésicules blanchâtres de 2 à 4 cm de long. Les sores sont cylindriques, allongés, légèrement arqués et sont recouverts d'une membrane de couleur crème. Le péricarpe éclate en commençant par la partie apicale, libérant ainsi une masse de spores noires.



Épidémiologie et cycle de vie

- Le charbon allongé est très important pendant les années sèches ;
- Les particules de sol contenant les sporidies transportées par le vent assurent la contamination des plantes ;
- La maladie est d'autant plus grave que les semis sont tardifs ;
- Ceci laisse supposer que l'inoculum se multiplie au cours de plusieurs cycles successifs dont la réalisation est favorisée par des floraisons échelonnées.

Mesures de lutte

- Utilisation de variétés résistantes
- Destruction des hôtes alternes
- Mesures phytosanitaires visant à diminuer l'inoculum transmis par les semences :
 - semences provenant des parcelles indemnes de maladie :
 - Elimination des sores des graines
 - Traitement de semences (thirame 2 g / kg de graines)



Charbon allongé

2.1.1.2.1.4. 2.6.2.1.4. Le charbon nu : *Sporisorium cruentum*

Distribution et importance

Le charbon nu est présent dans tous les pays du Sahel, mais son importance est encore très faible. Le plus souvent, ce sont les tiges secondaires qui sont porteuses de panicules charbonneuses

Sporisorium cruentum



Symptômes

- Les plantes infectées par le parasite fleurissent invariablement plus tôt ;
- Il y a une hypertrophie des glumes et souvent une prolifération des épillets ;
- Des sores peuvent également apparaître sur le rachis et sur les ramifications de l'inflorescence ;
- Le péricarpium entourant les sores se brise généralement avant la sortie de la panicule ;
- Présence d'une longue columelle pointue dans les sores, dont la longueur varie de 3 à 18 mm.

Biologie et cycle de vie

Les spores ne sont pas agglomérées en ballonnets, mais libérées isolément. La conservation du champignon se fait par les spores tombées dans le sol ou par les semences souillées. L'infection primaire se produit dès les premiers stades de germination de la graine.

Mesures de lutte

- Utilisation de variétés résistantes
- Destruction des hôtes alternes
- Mesures phytosanitaires visant à diminuer l'inoculum transmis par les semences :
 - semences provenant des parcelles indemnes de maladie ;
 - Elimination des sores des graines
 - Traitement de semences (thirame 2 g / kg de graines)

2.1.1.2.1.5. La Moisissure des grains

Importance et distribution

Elle provoque une perte de vitalité des graines moisies (fonte de semis de 77 à 95%) et la réduction de la taille et du poids des grains (pertes de rendement).

La valeur nutritive des grains est aussi affectée (présence de mycotoxines) et la qualité des grains est dépréciée (dégradation de l'amidon, hydrolyse des protéines, etc.).

Agent causal et symptôme

La moisissure des grains est causée par un complexe de pathogènes : *Fusarium moniliforme*, (rose) *F. semitectum* (orange) ; *Curvularia lunata* (noir) ; *Alternaria* spp (gris), *Helminthosporium* spp (gris) ; *Phoma sorghina* (pycnides noires) ; *Colletotrichum graminicola* (acervules noirs), etc.

Mesures de lutte

- Utilisation des variétés qui arrivent à maturité après l'arrêt des pluies ;
- Emploi de cultivars résistants (très difficile de trouver une résistance qui couvre tous ces pathogènes) ;
- Traitement chimique des grains destinés à la semence.



Moisissure des grains

2.1.1.2.1.6. Anthracnose et Pourriture Rouge C. (*G.*) *graminicola*

Importance et distribution

Sa distribution est cosmopolite (partout). Ce champignon est le plus important dans la production du sorgho grain au Burkina Faso et des pertes potentielles de 8 à 46 % ont été signalées.

Symptômes

- petites taches circulaires à elliptiques au centre gris et petit sur feuilles, entourées d'un large pourtour de couleur pourpre à rouge anthocyane ;
- Sur ces lésions, on peut observer de petits points noirs correspondant aux acervules du



- champignon ;
- On peut également observer des lésions allongées ou elliptiques, de couleur rouge ou pourpre, sur la nervure médiane portant des acervules ;
- Les lésions sont également présentes sur les glumes et les grains ;
- La phase pourriture rouge s'observe sur la tige et dans l'inflorescence. Elle se manifeste, extérieurement par la présence de chancres circulaires, intérieurement par la coloration marbrée des tissus.



Anthraxose symptôme de pourriture rouge et acervules

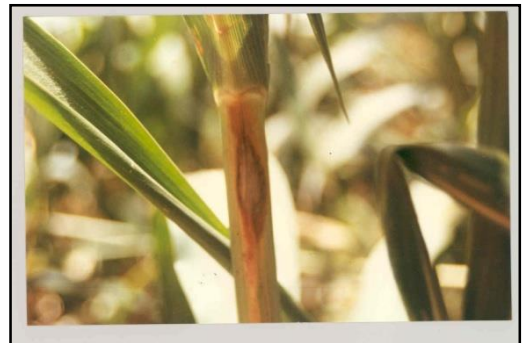
Épidémiologie

- La conservation se fait sous forme de mycélium dans les grains et résidus de plants infectés et sous forme de conidies sur les grains ;
- L'inoculum est viable 18 mois dans les résidus infectés à la surface du sol, mais ne tient pas longtemps sous forme de conidies ou lorsque les résidus contaminés sont enfouis ;
- La transmission par la graine est 0 - 25 % chez les variétés locales et élevée (> 50 %) chez les variétés améliorées ;



Anthraxose symptôme de pourriture rouge et acervules

- Les conditions favorables à la maladie sont les fortes humidités avec un ciel couvert ;
- Les fortes attaques surviennent dans les conditions d'alternance de périodes sèches et de périodes humides.



Mesures de lutte

- Variétés résistantes, la rotation et l'enfouissement des résidus de cultures ;
- Le traitement des semences au bénomyl (Benlate® 2g/kg de semences) aiderait à réduire l'inoculum des semences.

2.1.1.2.1.7. LA ROUILLE DU SORGHO (*Puccinia purpurea*)

Importance et distribution

La rouille répandue dans le monde entier peut causer des pertes de productions de 40 à 50%. Les plus importantes pertes se produisent quand cette maladie se déclare avant le stade de l'épiaison.

Description des symptômes

Les jeunes plantes sont rarement infectées. A partir de l'âge de 6 semaines, de nombreuses taches pourpres, rouges ou brunes de forme ovale apparaissent sur les deux faces des feuilles. Elles sont situées entre les nervures et peuvent atteindre une longueur de 2 mm.

Sur les taches se développent des pustules qui, à leur maturité, libèrent une poudre rouge, constituée par les spores. Au champ, on peut distinguer cette maladie d'autres



Symptômes de la rouille



maladies foliaires en frottant doucement les pustules pour déceler la poudre rouge qu'elles produisent.

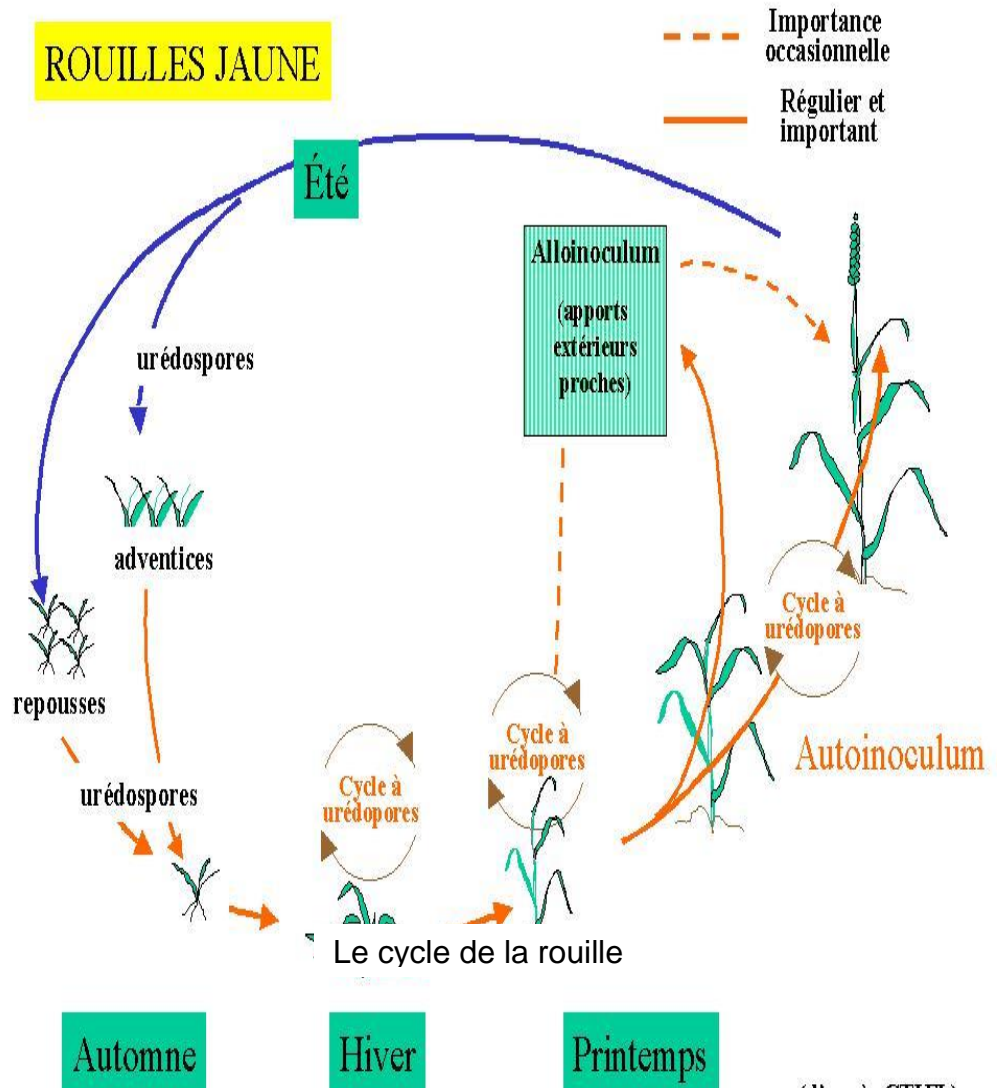
Epidémiologie

Les conditions favorables au développement de la maladie sont :

- une température comprise entre 20 et 30°C ;
- une forte humidité relative ;

Méthodes de lutte phytosanitaire

- éliminer les mauvaises herbes pour réduire les sources d'inoculum ;
- surveiller les signes de la maladie sur la deuxième feuille en partant du haut du plant, et ce, avant la sortie de l'épi ;
- traiter les feuilles paniculaires à l'aide de fongicides (mancozèbe, manèbe...) ;
- semer précocement les céréales pour qu'elles parviennent à maturité avant que le niveau d'inoculum ne soit élevé.



2.1.1.2.1.8. Gestion intégrée des maladies du sorgho

Il existe trois principales catégories de maladies du sorgho :

- ✓ Les pourritures des tiges et racines ;
 - ✓ Les maladies foliaires ;
 - ✓ Les charbons.
- **Les pourritures**
 - Pourriture cendrée ;
 - Très nuisible en conditions de forte chaleur et de stress hydrique ;

- Facteurs épidémiologiques :
 - variétés à haut rendement, à tiges frêles
 - semis à forte densité
 - Stress hydrique et thermique
 - Enracinement superficiel

- **Les pourritures Cendrées**

Gestion :

- ✓ Irriguer les cultures de sorgho ;
- ✓ Semer à une densité faible ;
- ✓ Récolte précoce et séchage avant conservation ;
- ✓ Utiliser des lignées hybrides et variétés avec une bonne résistance à la pourriture ;

- **Pourriture à *Fusarium***

Facteur épidémiologique :

- Périodes humides et fraîches faisant suite à des périodes chaudes et sèches ou à un stress

Gestion :

- Éviter de planter des variétés sensibles dans les parcelles fortement infestées (le contrôle par exclusion est peu probable contre les deux maladies).

2.1.1.2.1.9. Les maladies foliaires

Agents causaux

- Helminthosporiose
- taches grises *Cercospora sorghi*
- bandes de suie *Ramulispora sorghi*
- taches zonées *Gloeocercospora sorghi*
- Raies bactériennes *P. andropogonis*
- Stries bactériennes *X. a. pv. holcicola*



Dessèchement des limbes

2.1.1.2.1.10. Helminthosporiose

Facteurs d'épidémie

- Jeunes feuilles non encore complètement développées sont plus sensibles
- Températures (16 - 26 °C).

Gestion :

- Utilisation de variétés résistantes
- Élimination des hôtes alternes.

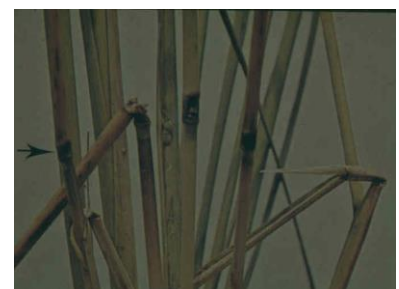
2.1.1.3. MALADIES DU RIZ

2.1.1.3.1. Maladies Fongiques et Bactériennes

Pyriculariose - Pyricularia oryzae

Importance

Très répandue en Afrique de l'Ouest et les pertes vont de 0 à 100%.



Symptômes

- La lésion elliptique à fusiforme, grisâtre au centre et brune sur la marge sur feuille, gaines foliaires, tiges, coup paniculaire ;
- Dessèchement des limbes ;
- Plants rabougris ;
- Stérilité et cassure à la base de la panicule ;
- Tâches brunes sur épillets, racèmes et racémules provoquant leur pourriture, remplissage partiel des grains.



Cycle biologique

Les populations de *P. oryzae* sont composées de plusieurs races différentes. Une lésion typique de la maladie peut produire 4000 à 6000 conidies toutes les nuits et pendant plus de 2 semaines.

Épidémiologie

- Le champignon survit surtout par le mycélium et les conidies sur la paille, les grains et les hôtes de substitution, aussi par les chlamydospores et les périthèces ;
- Les conidies sont disséminées par le vent ;
- Les conditions favorables du milieu sont :
 - 28°C, humidité relative supérieure à 93%, jours nuageux, forte fumure azotée
 - La plante est sensible à tous les stades du cycle végétatif.



Mesures de lutte

- Utilisation de variétés dotées d'un bon niveau de résistance horizontale ;
- Fertilisation potassique adéquate ;
- Incinération des chaumes et désinfection des semences ;
- Enrobages des semences par *Chaetomium globosum*, *Trichoderma harzianum*, *Bacillus* spp., *Pseudomonas fluorescens*
- Traitement chimique : edifenphos, IBP, tricyclazole (280 - 500 g m.a./ha).

2.1.1.3.2. Maladie des Taches Brunnes *Dreschlera oryzae*

Importance

Présente dans plusieurs pays du Sahel, mais moins importante que la Pyriculariose

Symptômes

- Lésions ovales, brunes, avec un centre gris ou blanchâtre, bien réparties sur la surface foliaire ;
- Dessèchement de feuille ;
- Lésions noires sur glumes, gaines foliaires et panicules ;
- Les lésions sont souvent absentes sur jeunes plants et tiges.

2.1.1.3.3. Le Flétrissement des Gainnes *Rhizoctonia solani*

Importance

Elle est très fréquente dans le Sahel et est très préjudiciable en condition d'humidité et de température élevées.

Épidémiologie

- Les sclérotés sont les organes de survie ;
- L'infection est optimale aux T° 30 – 32 °C. et une humidité relative de 96-97 % ;
- L'incidence est accrue par une densité de semis / repiquage) élevée et/ou une fumure inadéquate ;
- Les plants âgés sont plus sensibles ;
- En effet, par son activité cellulolytique plus intense que celle de *Rhizoctonia solani*, *T. harzianum* parvient à décomposer le chaume de riz et partant, affecter la différenciation et longévité des sclérotés du parasite notamment sous conditions de riziculture sèche.

Symptômes

- Lésions allongées de teinte gris blanchâtre à vert paille au centre avec des bords bruns sur les gaines, les feuilles et les feuilles paniculaires ;
- Grandes zones nécrosées sur lesquelles on peut observer les sclérotés ;
- Les symptômes sont observés le plus souvent en fin tallage - début montaison.

Mesures de lutte

- Utilisation de variétés résistantes (Zenith, Kamrose, Dj 8.341, Dj 11.509)
- Inactivation des sclérotés surtout en riziculture sèche par *Trichoderma harzianum* qui décompose les chaumes affectant du coup la différenciation et la longévité des sclérotés.
- Traitement au bénomyl, Hymexazol, Dithane M-45 et Iprodione.

2.1.1.3.4. Flétrissement Bactérien : *Xanthomonas oryzae*

Importance

- La bactériose est signalée au Sahel, notamment au Mali, au Sénégal, au Burkina Faso et au Niger ;
- L'ampleur des dégâts en milieu paysan n'est pas connue.

Symptômes

- Lésions longitudinales, nécrotiques et translucides avec des bords gris vert sur feuilles ;
- Présence de gouttelettes d'exsudat jaune sur ces lésions à la face inférieure de la feuille ;
- Fanaison et enroulement foliaire puis flétrissement de la plante 2 à 6 semaines après repiquage.

Épidémiologie

- La survie est possible pendant trois mois dans le sol et dans les graines
- Cependant, Les sources d'infection sont essentiellement les feuilles et chaumes malades de riz ou de plantes adventices.
- La propagation se fait par la pluie, l'eau d'irrigation, la rosée et même par les vents violents.
- Le parasite se développe aux températures de 25 – 30 °C
- Les épidémies sont favorisées par des apports élevés d'azote, l'excès de silicate et de magnésium et le déficit en phosphore et potassium.

Mesures de lutte

- Utilisation de variétés résistantes (IRI 529.6803 et BC 902)
- Mesures sanitaires pour diminuer la dissémination

2.1.2. MALADIES DES CULTURES MARAICHÈRES

2.1.2.1. LA FUSARIOSE VASCULAIRE DE LA TOMATE (*Fusarium oxysporum*)

▪ Importance et distribution

Cette maladie est très grave et très fréquente sur la tomate. On estime de 50 à 70 % des pertes de production. La maladie est endémique dans les régions où la tomate est cultivée (Baguinéda au Mali).

▪ Description des symptômes

Les organismes responsables persistent dans le sol et à grande profondeur (80 cm). On reconnaît la maladie par :

- la décoloration de la tige, commençant par un léger jaunissement longitudinal sur une portion et évoluant en une bande jaune plus marquée puis en une nécrose beige à marron clair ;
- à l'intérieur de la tige, les vaisseaux brunissent ;
- le jaunissement du rachis, d'une foliole et éventuellement de la feuille entière ;



Cas de plant malade de tomate



- un flétrissement suivi d'un dessèchement rapide des plants atteints.

Le champignon se conserve très longtemps dans le sol et sur les débris végétaux grâce à des spores particulièrement résistantes.

La transmission se fait par l'intermédiaire de terreaux, le sol, l'eau, les outils, les débris de culture et certains insectes et les mille pattes.

La température optimale favorable aux attaques est de 28°C.



Cas de plant sain de tomate

▪ Epidémiologie

Son développement est généralement favorisé par un temps chaud et humide avec une température optimale de croissance située entre 20°C et 25°C. Les résidus de la culture précédente sont considérés comme la première source d'inoculum pour l'infection ainsi que les adventices, les semences ou le sol.

▪ Méthodes de Lutte phytosanitaire

- désinfecter le sol à l'aide de bromure de méthyle, de la chloropicrine et le mélange des deux ;
- employer des substrats sains pour la production de pépinière ;
- protéger les cultures vis à vis des insectes et des blessures ;
- effectuer une fertilisation équilibrée ;
- traiter la culture aux fongicides systémiques en post récolte avant le stockage ;
- éliminer les fruits et légumes légèrement atteints avant le stockage ;
- faire un stockage réfrigéré (développement ralenti à 10 °C) ;
- utiliser des cultivars plus résistants (semences sélectionnées) ;
- respecter les règles d'hygiène en ce qui concerne le matériel à utiliser pour la pépinière.



Tomates saines

2.1.3. VIROSE DE LA TOMATE ou Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)

▪ Importance et distribution

Les pertes économiques occasionnées par ce virus sont très importantes dans les pays où il sévit comme le Mali. Plusieurs études mettent en évidence des chutes de rendements dépassant les 50% voire 60%. Si les attaques sont très précoces, la récolte peut être entièrement compromise.



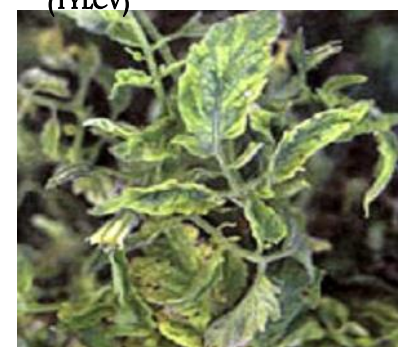
Symptôme du Tomato Yellow Leaf Curl Virus (TYLCV)

▪ Description des symptômes

Les plantes atteintes ont une croissance ralentie ou même bloquée avec un aspect chétif et buissonnant. Des folioles de petites tailles jaunissent et deviennent incurvées, dites en « cuillère ». Les fruits sont petits et peu nombreux.

Le virus est transmis par un insecte vecteur, *Bemisia tabaci* ou « Mouche blanche » Ordre des Homoptères.

La virose de la tomate est très souvent confondue avec la



Symptôme du Cucumber Mosaic Virus

(CMV)

maladie du Cucumber Mosaic Virus (CMV) transmis par les pucerons (*Aphis gossypii*...). Cette dernière est caractérisée par un mélange de couleurs vertes et jaunes sur les feuilles, jaunes et rouges sur les fruits.

▪ **Epidémiologie**

La transmission du virus TYLC par *Bemisia tabaci* se fait selon le mode persistant. Le virus étant essentiellement concentré au niveau du phloème. Le temps minimum d'acquisition du virus par *Bemisia tabaci* à partir d'une plante infectée est d'environ 15 minutes à une heure. A partir du moment où l'acquisition du TYLCV a lieu, il faut approximativement 20 heures pour que la mouche blanche puisse transmettre le virus. Une fois la mouche blanche est virulifère elle le restera non seulement pendant toute sa vie mais pourra le transmettre à sa descendance pendant au moins deux générations. La mouche blanche a besoin de se nourrir au moins pendant 30 minutes ou plus sur une plante saine pour pouvoir transmettre le TYLCV. Il est donc évident que le processus de transmission du virus TYLC par *Bemisia tabaci* permet suffisamment de temps à plusieurs insecticides pour agir sur le vecteur avant qu'il ne transmette le virus.



Symptôme du CMV sur fruit de Tomate



Fruit sain de Tomate

Plusieurs facteurs contribuent à la dissémination de cette maladie :

- la polyphagie du vecteur *Bemisia tabaci* ;
- la sensibilité des variétés de tomates cultivées ;
- la monoculture de la tomate.

▪ **Méthodes de lutte phytosanitaire**

Il n'existe pas de moyen de lutte directe contre ce virus, il faut donc empêcher l'infection par son vecteur, *Bemisia tabaci*.

La lutte contre l'aleurode :

- la répétition de plusieurs traitements chimiques ;
- l'utilisation des variétés résistantes ;
- l'arrachage et la destruction des plants infestés par le virus.

2.1.3.1. LE MILDIOU DE LA POMME DE TERRE (*Phytophthora infestans*)

▪ **Importance et distribution**

Le Mildiou de la pomme de terre reste l'une des maladies les plus dangereuses des plantes cultivées. Epidémie extrêmement rapide en conditions favorables, le champignon produit des spores très importantes à durée d'incubation très courte.

En zone de production de pomme de terre les pertes dues aux dégâts de cette maladie sont fréquentes et importantes. Une attaque précoce peut entraîner des baisses de production de plus de 50 %, une attaque plus tardive détériore la qualité des tubercules.

La maladie s'attaque aussi à la tomate.

Mildiou sur tubercule de pomme de terre



Mildiou sur tubercule de pomme de terre



▪ Description

Le mildiou apparaît sur les feuilles de pomme de terre et de tomate quelques jours après une période de temps humide ou pluvieux. Des taches vert-foncé rondes et gorgées d'eau sont observées. Des lésions apparaissant initialement sur le bord ou le bout d'une feuille, s'élargissent rapidement et virent au brun.

Par temps humide, une moisissure pelucheuse (mycélium ou filament fongique) se développe sous une feuille infectée et produit des spores.

Dans des conditions de fortes humidités, des spores peuvent être produites en moins de 10 heures. On verra apparaître sur les tiges infectées des lésions de couleur foncée et du mycélium blanc pelucheux, souvent au point de jonction des feuilles et de la tige, ou encore au point végétatif.

Par temps sec, les parties de feuille infectées s'assèchent et la moisissure blanche disparaît.

Les tubercules dans la terre peuvent être infectés par le mildiou lorsque la pluie fait ruisseler les spores dans le sol fissuré. Sur un tubercule contaminé, le mildiou apparaît sous forme d'une tache rouge brunâtre, et d'une pourriture granulaire sèche qui peut s'enfoncer jusqu'à 2 cm dans le tubercule. Il arrive souvent que les tubercules infectés se brisent après la récolte en raison d'infections secondaires.

▪ Epidémiologie

Une succession de périodes humides et chaudes, à caractère orageux, favorise le développement et la propagation de la maladie. Les pluies, l'humidité relative supérieure à 90 p. cent et des températures comprises entre 10°C et 25° C favorisent l'évolution de la maladie. Le champignon est détruit par une sécheresse persistante et des températures avoisinant 30° C.

▪ Méthodes de lutte

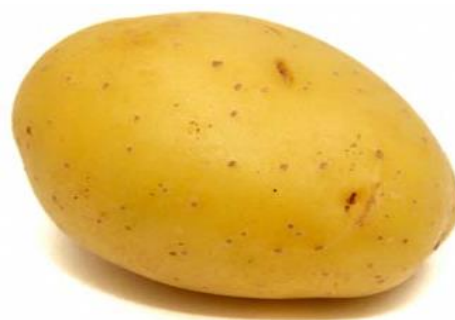
✓ Méthodes culturales :

- utiliser des semences sélectionnées et certifiées (résistantes) ;
- appliquer la rotation des cultures ;
- choisir des champs bien drainés ;
- lutter contre les mauvaises herbes ;

- éliminer les tubercules suspects pendant l'entreposage.

✓ Méthodes chimiques

Utilisation de divers types de fongicides de contact ou systémiques : conti-zeb (Mancoezb) en alternant les familles chimiques.



Tubercule sain de pomme de terre



Feuilles saines de pomme de terre



Mildiou sur feuilles de pomme de terre en temps humide



Mildiou sur feuilles de pomme de terre en temps sec

- Exemples :
- de contact :
 - systémiques :

2.1.3.2. LE CHANCRE BACTERIEN DES AGRUMES (*Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*)

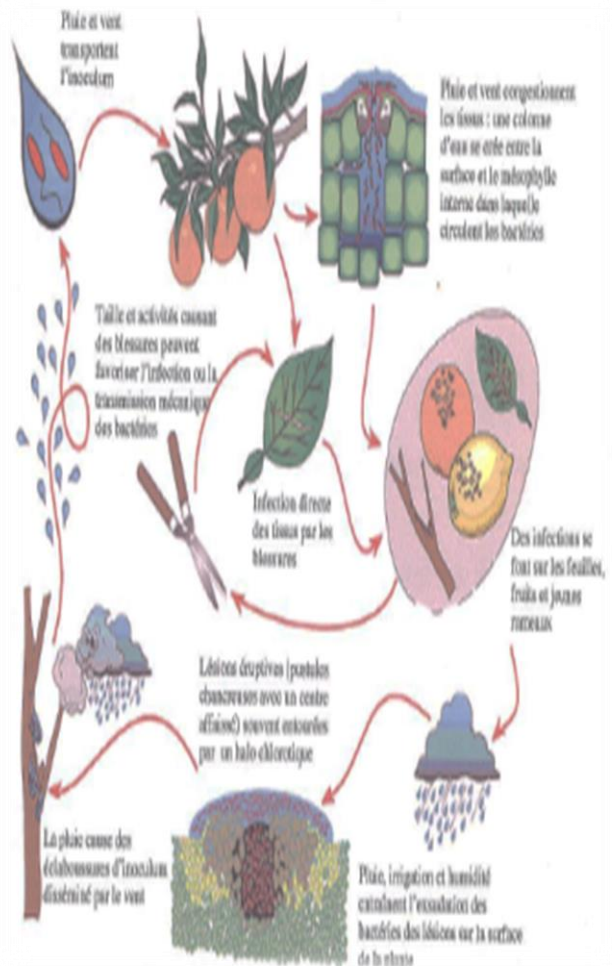
2.1.3.2.1. Introduction

Le chancre bactérien, maladie émergente au Mali, est l'une des plus importantes maladies des agrumes, vu sa distribution, l'ampleur de ses dégâts et la gamme de ses hôtes à travers le monde.

L'agent causal est une bactérie appelée *Xanthomonas axonopodis* pv. *citri*. La maladie affecte la plupart des espèces commerciales d'agrumes et quelques genres de la Famille des Rutacées. Elle est distribuée dans plusieurs pays agrumicoles du monde (Asie, Océanie, Amérique et Afrique).

Il n'existe pas de statistique de référence sur les pertes causées par l'agent pathogène mais dans le cas d'une attaque sévère, on observe une défoliation importante, un dépérissement des rameaux et une chute précoce des fruits avec des pertes allant de 15 à 50%.

Aussi, une stratégie de lutte appropriée doit être mise en place pour contenir l'expansion du pathogène en vue de limiter ses dégâts.



2.1.3.2.2. Biologie de la maladie

▪ Cycle de la maladie

De façon générale, les plantes en phase de croissance de 20 à 80 %, en fonction des organes et des espèces végétales sont les plus sensibles. L'infection des organes jeunes ou de taille adulte est conditionnée par la présence de blessures.

L'infection des feuilles à partir des stomates est favorisée par la présence d'eau libre sur les organes. L'eau de pluie associée au vent constitue, sur de courtes et moyennes distances, le principal moyen de dispersion de la maladie et facilite l'infection par les stomates. La dispersion à longues distances peut être assurée par les équipements, l'exposition d'organes malades à l'homme. Les tempêtes peuvent assurer la dissémination de l'agent pathogène sur de grandes distances.

Les blessures sont majoritairement provoquées par des vents violents. Elles sont exacerbées surtout les cultivars épineux, certaines pratiques culturales et par la larve de la mineuse des agrumes (*Phyllocnistis citrella*).



Symptômes caractéristiques du chancre bactérien des agrumes sur feuilles, fruits et rameaux.

▪ Conditions favorables à la propagation de la maladie

- zones à températures et à précipitations élevées ;
- températures: 14 – 38 °C ;
- précipitations: >100 mm/an ;
- vent de vitesse supérieure à 6,5 m s⁻¹ (23,4 Km/h);
- présence de blessures ;
- maladie tropicale et subtropicale mais peut s'établir aussi dans des régions tempérées ou arides.

2.1.3.2.3. Symptômes

Les lésions apparaissent généralement sur la face inférieure des feuilles mais peuvent se développer aussi sur la face supérieure. Les premiers symptômes sont de petites taches aqueuses qui brunissent et se bombent pour se transformer en lésions en forme de cratère. Ces lésions sont généralement entourées d'un halo jaune et durant leur extension, leur bord reste huileux.

En vieillissant, les lésions peuvent devenir irrégulières et se craqueler. Si la maladie est sévère, la plante perd ses feuilles et on observe un flétrissement des rameaux.

Sur le fruit, l'apparence des lésions est similaire à



Symptômes caractéristiques du chancre bactérien des agrumes sur rameaux, feuilles et fruits.

celle exprimée sur les feuilles. Dans le cas d'une attaque précoce, on peut observer une déformation du fruit et/ou un écoulement d'un liquide mucilagineux. Les lésions ne se développent pas dans les fruits mais restent localisées au niveau de l'épicarpe.

Sur les jeunes rameaux, les symptômes ressemblent à ceux décrits sur les feuilles à la différence de l'absence de halo autour des lésions.

Une fois que les feuilles, les rameaux, les fruits atteignent leur maturité, ils commencent à se durcir et ne sont plus réceptifs (aptés) aux infections. Cependant, en présence de blessures, les feuilles matures infectées restent sensibles et expriment la maladie.



2.1.3.2.4. La gestion du chancre bactérien des agrumes : méthodes de lutte

▪ Introduction

Au Mali, le contrôle du chancre bactérien des agrumes se fait de façon inappropriée due à la méconnaissance des nuisibles et des moyens de contrôle. Il est basé principalement sur l'utilisation de produits chimiques comme **l'Alliette** (fosétyl-Al), et certains insecticides comme **le Dursban** (Chlorpyrifos-éthyl), **le Décis 25 EC** (Deltaméthrine), etc.

La plupart des produits utilisés sont des fongicides qui n'offrent pas une bonne



efficacité contre la bactérie. La bouillie bordelaise qui est la plus efficace n'est pas disponible sur le marché malien.

- **Les Bonnes Pratiques Agricoles (BPA)**

- ✓ **La lutte prophylactique**

Elle consiste à éviter toute introduction de la maladie dans les vergers. Le matériel végétal qui sert à la production des plants dans les pépinières doit être indemne de germe du chancre. Pour éviter la dispersion des bactéries et de mouiller les feuilles, il est préférable de produire le matériel végétal sous abri en pépinières et ne pas irriguer par aspersion.

A cela il faut ajouter l'installation de haies brise vent qui diminuent l'apport d'inoculum par le vent et ne pas intervenir dans le verger quand les arbres sont mouillés.

Il faut supprimer tous les rameaux malades. Cela peut se réaliser lors des opérations de taille. Les branches coupées doivent être sorties du verger et brûlées.

- ✓ **Les Bonnes Pratiques Culturelles**

Elles consistent à :

- prohiber l'irrigation par aspersion ;
- pratiquer l'irrigation gravitaire en protégeant les troncs par la confection de double cuvettes ;
- encourager la plantation des haies (brise-vent) autour des vergers ;
- détruire les plantes hôtes autour et à l'intérieur des vergers ;
- faire un suivi agronomique approprié (respect des doses de la fumure, respect des intervalles d'irrigation) des agrumes et des haies (brise-vent) ;
- faire l'élagage de manière à favoriser l'aération et le meilleur ensoleillement de la frondaison.

- ✓ **L'utilisation des variétés peu sensibles**

La plupart des espèces et variétés commerciales d'agrumes sont plus ou moins sensibles à la maladie. Le pomelo, les citronniers (limier) et certains orangers sont les plus sensibles. Par contre, d'autres variétés d'orangers (Valencia, Cadenera, Pera, Salustiana) et de mandariniers (Tangors, Tangelos) sont moins sensibles.

- **La lutte chimique**

La lutte chimique n'apporte pas une efficacité totale après l'apparition de la maladie. Cependant, des traitements chimiques peuvent être réalisés à titre préventif pendant la période de croissance végétative et de fructification.

Les produits chimiques recommandés contre la maladie sont :

- le sulfate de cuivre tribasique ;
- l'hydroxychlorure de cuivre ;
- le chlorure de cuivre ;
- le chlorure basique de cuivre ;
- la bouillie bordelaise.

On estime que trois à six traitements peuvent assurer une protection efficace. L'intervalle entre deux traitements est de 2 à 3 semaines.

2.2. Les mesures de lutte contre les maladies

L'absence de contrôle sur une maladie de plante peut avoir des conséquences dramatiques sur la production et la qualité des produits.

Différentes techniques sont utilisées en vue de lutter contre les agents pathogènes. Actuellement, le but majeur de leur contrôle tend à utiliser :

- des approches combinées de génies génétiques ;
- de sélection naturelle ;
- de cultures successives ;
- d'utilisation d'agents biologiques ;

- d'antagonistes des microorganismes causaux ;
- d'utilisation raisonnée des pesticides.

III. LES ADVENTICES

Introduction

▪ **Définition** : On entend par adventice toute plante qui pousse à un endroit où elle n'est pas désirée.

Les mauvaises herbes décrites ci-dessous sont généralement celles qui sont inféodées aux cultures exondées.

Elles sont dominées par les graminées annuelles telles que *Digitaria ciliaris*, *Cenchrus biflorus* (cram-cram), *Dactyloctenium aegyptium*, *Digitaria longiflora*, etc..

Il y a bien sûr le cas particulier des espèces parasites du genre *Striga*, notamment *Striga hermonthica* qui, sans se généraliser, cause localement des dégâts importants partout dans les champs exploités de façon continue.

3.1. *Striga hermonthica* (famille des *Scrofulariaceae*)

Le *Striga hermonthica* est une plante parasite qui s'attaque à la plante hôte (mil, sorgho, maïs, fonio et riz fluvial) par l'intermédiaire d'un organe spécifique l'haustorium. Il suce la substance nutritive élaborée par la plante et réduit de ce fait toutes les capacités de celle-ci. Les attaques du parasite provoquent le jaunissement des feuilles de la plante parasitée puis leur flétrissement. Les symptômes peuvent se manifester à l'émergence même du parasite.



▪ Techniques de lutte

✓ Lutte variétale

Les variétés de mil peuvent être classées en fonction de leur degré de tolérance ou résistance au *Striga hermonthica*. Pour le moment, il n'existe pas de variété résistante, mais des variétés tolérantes (Toroniou C1, Guéfoué 16).

✓ Lutte culturale

Les études sur l'influence de l'amendement calcique, du travail du sol et de la fertilisation sur *Striga hermonthica* ont permis de tirer les conclusions suivantes:

• Travail du sol :

Le type de travail du sol a une influence directe sur la prolifération du *Striga* dans les parcelles. Le travail du sol favorise le développement du *Striga* pour la simple raison qu'il favorise le développement des plants. Les substances secrétées par les racines déclenchent la germination des graines de *Striga* dans le sol. Un bon travail du sol combiné à une bonne fertilisation permet de réduire l'incidence du *Striga* sur le rendement des cultures.

• Fertilisation

L'utilisation de la fumure organique (2,5T/ha) provoque l'émergence d'un grand nombre de *Striga* par rapport à l'utilisation de la fumure minérale seule et à la non application de fumure. Il est à noter cependant que le rendement grain du mil est plus important avec 2,5 tonnes de fumier de ferme par rapport à la non utilisation de la fumure. Le fumier de ferme provoque un développement plus important du mil qui favorise à son tour un bon développement racinaire des plants. Un bon développement racinaire de la plante hôte entraîne une plus grande production de stimulant et favorise l'émergence du *Striga*. L'utilisation de la fumure

organique tout en réduisant l'incidence du Striga sur le rendement des cultures peut accroître la dynamique de la population du parasite si elle n'est pas bien gérée dans un cadre d'association ou de succession culturales approprié.

- **Date de semis**

La température du sol influence la germination des graines de Striga dans le sol. Sur parcelle infestée de Striga, les semis précoces sont à éviter. Ils favorisent en effet une plus longue interaction entre la plante hôte et le parasite.

- **Mode de semis**

Les semences de Striga sont dispersées dans les 5 à 10 cm de profondeur du sol. Le semis direct occasionne deux fois plus d'infestation par le Striga que le repiquage à 20, 30 et 40 jours. Le repiquage se fait à une profondeur plus grande que celle de semis entraînant moins d'interaction avec les graines de Striga dans le sol. En plus, le repiquage intervient relativement tard dans la saison par rapport au semis. A cette période, la température du sol est assez basse et ne favorise pas la germination des graines de Striga.

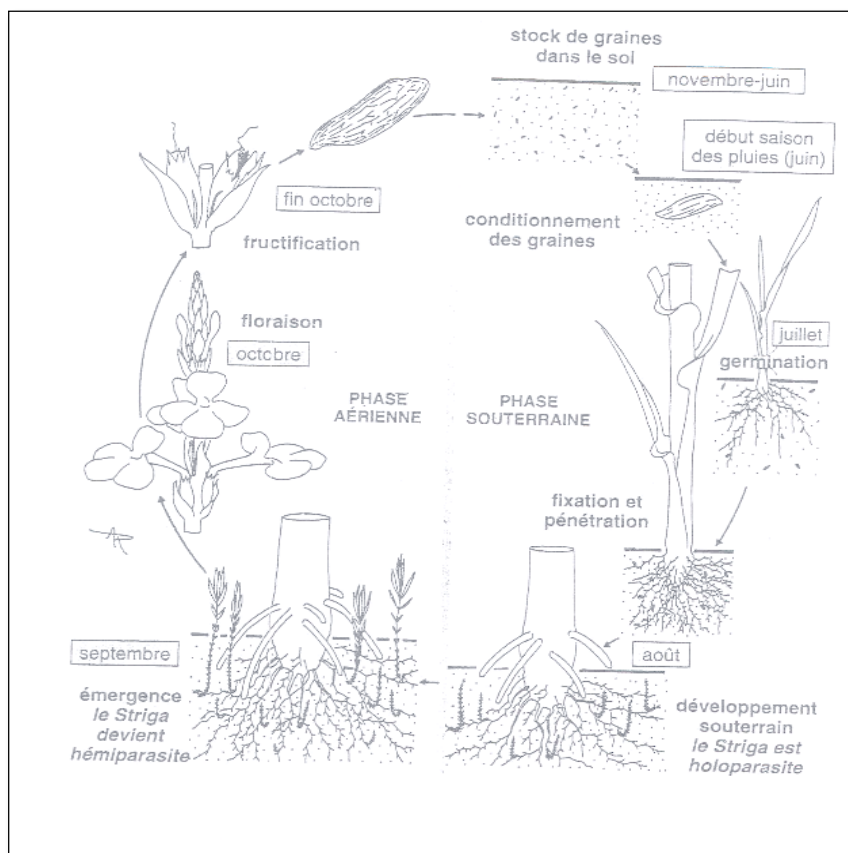
- **Système de culture**

Les études relatives aux systèmes de culture X génotype X types de fertilisation, au repiquage du mil ainsi qu'à la température et de l'humidité du sol sur le Striga ont permis de tirer les conclusions suivantes:

- l'infestation du mil par le Striga est fonction des conditions du sol (stock de semences disponible, humidité, température etc...) et du génotype de mil utilisé ;
- l'infestation du Striga a été moins importante en association qu'en culture pure.

- **Lutte chimique**

Les herbicides comme le Goal et le Proagard combinés à l'arrachage manuel ont été utilisés sur le mil pour lutter contre le Striga à Cinzana. Malgré l'efficacité des différents produits testés, l'inadéquation entre le prix de ces herbicides et celui du mil reste le principal facteur limitant de leur utilisation et de leur diffusion à grande échelle dans les zones de production des céréales de culture sèche.



- **Lutte biologique**

Utilisation d'un agent de

lutte biologique : isolat M12-4A de *Fusarium oxysporum*

L'isolat M12-4A de *F. oxysporum* cultivé sur du compost a permis de supprimer la croissance du Striga de plus de 75% avec une augmentation du rendement grain de plus de 60%.

Des informations contradictoires existent sur les possibilités de risques cancérigènes liés à l'utilisation de ces résultats.

▪ **Gestion intégrée du Striga**

Pour un contrôle efficace du Striga, la recherche recommande une intégration de deux à plusieurs techniques de lutte. Par exemple, l'utilisation d'une variété tolérante au Striga peut être combinée à lutte agronomique (désherbage) ou chimique (utilisation d'herbicide) pour mieux contrôler le Striga.

3.2. *Striga gesnerioides* (famille des *Scrophulariaceae*)

La tige souterraine se développe verticalement à partir d'un renflement arrondi (haustorium), fixé à une racine de la plante hôte. La tige est cylindrique, de couleur blanche. Elle porte des feuilles opposées, réduites à des écailles de 1 à 2 mm de long. A l'émergence, les feuilles s'allongent légèrement. Elles sont lancéolées et sessiles, longues de quelques millimètres. Elles sont glabres, portant quelques cils courts le long de la marge.



Striga gesnerioides

▪ **Biologie :**

S. gesnerioides est une espèce annuelle à pérenne. Elle se multiplie par graines. C'est une espèce pratiquement holoparasite qui se développe sur les racines de différentes plantes appartenant aux familles des *Fabaceae*, *Convolvulaceae*, *Euphorbiaceae*, *Solanaceae*... Les cultures les plus parasitées sont le niébé, la patate douce et le tabac.

▪ **Répartition :**

Cette espèce est répandue en Afrique tropicale, en Afrique du Sud, dans la péninsule arabique et en Inde.

▪ **Ecologie :**

S. gesnerioides se développe principalement en zone sahélo-soudanienne dont la pluviométrie annuelle est comprise entre 600 et 900 mm. C'est une espèce héliophile, qui croît sur les sols peu profonds, sableux, caillouteux ou présentant un affleurement rocheux, comme les sols ferrallitiques, les sols ferrugineux sur cuirasse ou les sols peu évolués. C'est une espèce parasite qui se développe aux dépens de certaines cultures, notamment le niébé et de nombreuses espèces sauvages.

▪ **Cycle de développement :**

S. gesnerioides est une espèce visible en milieu et en fin de cycle cultural, mais sa germination a lieu en juin ou début juillet. Cette germination est suivie d'une période de développement souterrain de 3 à 4 semaines. La plante émerge fin juillet-début août. La floraison intervient très rapidement, dès le mois d'août et se prolonge jusqu'en octobre. La fructification et la dispersion des graines sont elles-mêmes échelonnées de septembre à décembre. La plante noircit et se dessèche en décembre en début de saison sèche ou peut se maintenir jusqu'à la saison suivante.

▪ **Lutte**

Utilisation de faux hôtes : Une technique simple et efficace de germination suicidaire du Striga a permis d'identifier des faux hôtes pour leur capacité de forcer la germination du parasite. La germination suicidaire est une caractéristique variétale de même que la fixation d'azote atmosphérique. Les variétés de niébé *Sangaraka* et d'arachide JL24 causent la germination suicidaire du Striga. L'utilisation de ces légumineuses en rotation avec les

céréales (mil, sorgho, maïs) permet de réduire considérablement l'infestation des parcelles et l'incidence du Striga sur le rendement des cultures.

3.3. *Oryza barthii*

Probable parent sauvage du riz de Casamance (*Oryza glaberrima*). Bien que cultivé, il existe également sous la forme d'adventices dont certaines ont été historiquement nommées *Oryza stapfii* A. Chev.

On trouve aussi dans la littérature le nom *Oryza breviligulata* qui est synonyme de *Oryza barthii*.

Lutte : sarclage manuel, labour profond de fin de cycle

3.4. *Oryza longistiminata* (Diga) : adventice du riz

Lutte : sarclage manuel, faucardage, labour profond de fin de cycle

IV. PESTICIDES ET FORMULATIONS

4.1. Définition pesticides

Un pesticide est une substance émise pour lutter contre les organismes nuisibles des cultures. C'est un terme générique qui rassemble les insecticides, les fongicides et les herbicides.

4.2. Définition formulation

Les pesticides sont disponibles sous différentes formes solides, liquides ou gazeuses appelées formulations.

Plusieurs types de pesticides ont été mis au point avec le temps. Ils sont classés selon des catégories différentes en utilisant divers critères. Ce sont : le classement par groupe de parasites, par groupe chimique, par formulation, par toxicité, et par mode d'action etc..

4.3. Le classement par groupe de nuisibles

Les pesticides se divisent en catégories selon les organismes qu'ils sont destinés à éliminer. La liste ci-dessous illustre ce classement :

PARASITES VISES	NOM DU GROUPE DE PARASITES	EXEMPLE
Insectes	Insecticide	Fenitrothion
Nématodes	Nématicide	Carbofuran
Champignons	Fongicide	Nancozèbe-Thioral vert
Mauvaises herbes	Herbicide	Glyphosate ou round Up
Oiseaux	Avicide	Fenthion ou Queletox
Acaris	Acaricide	Dicofol
Rongeurs	Raticide ou Rodenticide	Chlorophacinone ou Caïd
Mollusques	Molluscicide	Metaldehyde ou Limeol

4.4. Classement par groupe chimique

Les pesticides peuvent être divisés en :

- **Les Organochlorés ou Organohalogènes** : La plupart des produits de ce groupe sont très rémanents, ne sont pas métabolisés par la majorité des organismes vivants et peuvent s'accumuler dans le corps des animaux et des plantes après plusieurs expositions. A cause de leurs problèmes écologiques graves et leur danger pour la santé animale et

humaine (cause de cancer), leur usage a été interdit par la FAO en agriculture depuis 1972. Ce sont : la Dieldrine, le D.D.T, H.C.H, l'Endrine, etc.

- **Les Organophosphorés** : Ils vont des produits hautement toxiques comme le Parathion-éthyl (DL50= 3,6-13 mg/kg) aux produits peu toxiques comme le Bromophos (DL 50 = 3.700-7.700 mg/kg). Ils sont plus facilement dégradables dans la nature et sont les plus utilisés en lutte anti-acridienne dans les pays du Sahel.

- **Les Carbamates** : Ils présentent des propriétés analogues à celles des Organophosphorés. Ils se dégradent facilement à la chaleur et à la lumière et ont tendance à se dissoudre plus facilement dans l'atmosphère.

Le plus couramment utilisé dans le pays du Sahel est le Carbosulfan

- **Les Pyrethrinoïdes de synthèse** : Ils constituent l'une des dernières générations de pesticides qui sont des insecticides synthétisés par l'homme à l'image d'une substance naturelle : le Pyrèthre qui se trouve dans les plantes appartenant au Chrysanthemum. Ils ont l'avantage d'être plus spécifiques, moins polluants pour l'environnement et s'emploient à des doses de matières actives très minimales. Le plus connu est : le Decis (Deltamethrine)

- **Les Régulateurs de croissance et hormones juvéniles** : Ils font partie de la troisième génération des pesticides. Ils empêchent la mue des insectes du stade de larve à l'adulte ou de pupa à adulte. Exemple : Methopropène (Altoside) contre les mouches et parasites du bétail ; le Teflubenzuron (le Nomolt).

- **Les Pheromones** : Ce sont des substances chimiques émises par un organisme et qui agissent sur un autre. Exemple : les Pheromones sexuelles sur beaucoup de Lépidoptères des cultures.

- **Les Insecticides biologiques** :

Ce sont des substances à base de bactéries, champignons, virus, nématodes, protozoaires, etc. qui provoquent des maladies aux nuisibles visés.

- ✓ Exemple : Green Muscle (*Metharizium anizoplae*) utilisé dans la lutte contre les sautériaux
- ✓ Exemple : *Bacillus thuringiensis* (B.T ou Dipel) pour la lutte contre les larves de moustiques.
- Exemple : *Beauveria bassiana* : Champignon employé dans la lutte anti-acridienne aux U.S.A contre les criquets des pâturages.

4.5. Classification par Toxicité

Les produits sont classés selon les doses létales. DL 50 pour le rat en mg/kg de poids vif. Plus la dose létale est faible plus le produit est toxique. Il existe plusieurs classifications de produits faites par l'O.M.S., la F.A.O et révisées régulièrement selon les diverses législations des pesticides en vigueur. (Voir tableau suivant).

CLASSE DE RISQUES SELON OMS 1984	DL 50 POUR LE RAT (MG/KG DE POIDS)			
	Voie orale		Voie cutanée	
	Solides	Liquides	Solides	Liquides
Risque extrême	< 5	< 20	< 10	< 40
Risque élevé	5-50	20 - 200	10 -100	40- 400
Risque modéré	50-500	200 – 2 000	100 -1 000	400- 4 000
Risque faible	> 500	> 2 000	> 1.000	> 4 000

4.6. Formulation :

Définition : association d'une quantité déterminée de matière active, de charges inertes et d'adjuvants pour obtenir un produit utilisable.

Les principales formulations rencontrées sont :

- **Les concentrés à diluer à l'eau :**

- ❖ les concentrés émulsifiables (EC), beaucoup utilisés en cultures maraîchères et en hygiène publique.
- ❖ les poudres mouillables en lutte vectorielle (Unden 75% PM)

- **Les Produits à appliquer sans dilution**

- ❖ Les poudres pour poudrage : utilisées contre les nuisibles en milieu paysan. Elles possèdent un taux de matière active faible compris généralement entre 2 et 5%.
Exemple : Propoxur 2% PP, Fenitrothion 3% PP, Fenitrothion 5%PP.
- ❖ Les granulés : bien que d'emploi facile, sont très peu utilisés au Mali actuellement, en maraîchage et en arboriculture.
- ❖ Les liquides pour application ULV : sont utilisés à bas volume en milieu rural à cause de l'équipement d'épandage léger adapté pour une longue période de travail : zone OPV, OHVN.

- **Produits pour traitement des cultures**

Les liquides pour application ULV sont utilisés à bas volume en milieu rural à cause de l'équipement d'épandage léger adapté pour une longue période de travail par des services spécialisés (OPV, OHVN, CMDT, CNLCP).

- **Autres Formulations :**

Il existe d'autres formulations pour usages spéciaux qui sont :

- ❖ Les fumigènes : ex. bromure de méthyle dans la fumigation contre les nématodes
- ❖ Les aérosols : Bombe anti moustique ;
- ❖ Les gaz comprimés : Phostoxin dans la conservation des denrées stockées ;
- ❖ Les appâts prêts à l'emploi : Caïd, Klérat

4.7. TECHNIQUES D'APPLICATION ET APPAREILS D'EPANDAGE

4.7.1. Techniques d'application

La lutte chimique contre les ravageurs des cultures reste de surcroît la principale méthode de protection actuellement utilisée par les agriculteurs. Le matériel d'application des pesticides (qualité, étalonnage, entretien) et les techniques utilisées restent prédéterminants dans l'efficacité des traitements et dans le respect des bonnes pratiques phytosanitaires.

En outre, le progrès que ne cesse de connaître le domaine des techniques d'application impose un suivi permanent des nouvelles technologies.

Ces techniques visent à appliquer les doses d'emploi des pesticides à usage agricole avec précision en utilisant des appareils de traitement appropriés.

En effet, la pulvérisation est devenue une technique de grande précision faisant désormais appel à la maîtrise et un suivi permanent des nouvelles technologies répondant aux exigences environnementales, écologiques et du consommateur.

Cependant, une application adéquate constitue un moyen et un outil efficace permettant de minimiser les effets négatifs liés à une utilisation déficiente des pesticides.

Un traitement doit réunir les trois critères fondamentaux suivants pour être bon (timing, couverture et dose) :

- ✓ Moment opportun (timing)
- ✓ Bonne couverture (répartition homogène des gouttelettes)
- ✓ Dose correcte (quantité de produit recommandée à l'unité de surface)

L'efficacité d'une application de produits phytosanitaires dépend de la bonne conjugaison des facteurs suivants :

- ✓ L'opportunité de l'application (seuil d'intervention) ;
- ✓ La sélection du produit (le bon choix) ;
- ✓ Et la précision de l'application (épandage correct).

Les différentes techniques d'application des produits chimiques sont l'appâtage, le poudrage et la pulvérisation

4.7.2. Appareils de traitement

La distribution des particules de produits phytosanitaires d'une manière régulière sur les cibles nécessite des appareils appropriés. Ces appareils se divisent en trois catégories.

- **Les Poudreuses :**
 - ✓ Les sacs poudreux
 - ✓ Les poudreuses manuelles : HD 7
 - ✓ Les poudreuses à moteur : Poudreuse rodano

- **Les pulvérisateurs**
 - ✓ Les pulvérisateurs à pression préalable
 - ✓ Les pulvérisateurs à pression entretenue
 - ✓ Les pulvérisateurs pneumatiques à dos (atomiseurs)
 - ✓ Les micronaires auto portés et à dos
 - ✓ Les pulvérisateurs à piles

- **Les appareils mixtes : (poudrage/pulvérisation)**
 - Certains atomiseurs peuvent être mixtes

4.7.2.1. Classification des appareils selon le débit :

Les appareils de traitement conçus pour les formulations liquides se différencient selon le débit à l'hectare et les dimensions des gouttelettes et sont classés comme suit :

- ✓ Haut volume (H.V) : volume d'épandage allant de 150 à 600 litres de bouillie de produit à l'hectare avec des gouttelettes à diamètre compris entre 250 et 400 micron (μ)
- ✓ Bas volume (B.V) : volume d'épandage compris entre 5 et 150 litres de produit à l'hectare avec des gouttelettes de 150 à 250 microns (μ)
- ✓ Ultra bas volume (UBV ou ULV) : volume d'application de 0,5 à 5 litres de produit à l'hectare avec des gouttelettes de diamètre compris entre 40 et 150 microns (μ)

4.7.2.2. Le calcul des paramètres d'application

Pour obtenir une bonne pulvérisation, il faut connaître les paramètres suivants :

F = Débit de l'appareil en litre/minute (l/mn)

D = Vitesse de déplacement du moyen de locomotion, mètre/seconde (m/s ou kilomètre/heure (km/h)

R = Largeur du traitement en mètre (m)

A = Volume d'application recommandé du produit en litre/ha (l/ha)

K = Constante

La formule est donc la suivante :

$$D = \frac{L.V.Q}{K} \text{ ou } F = \frac{RDA}{K} \text{ en anglais. Le débit est toujours en litre/minute (l/mn)}$$

Largeur en mètre

Quantité de produit en litre/ha ou en kg/ha

K : constante, change en fonction de l'unité de mesure utilisée pour la vitesse d'avancement.

Aussi :

Quand D est en mètre/minute (m/mn), K est égal à 10.000

Quand D est en kilomètre par heure (km/h), K est égal 600

Quand D est en mile/heure (MPH), K est égal à 375

Quand D est en Knot/heure K est égal à 324

A partir de la formule ci-dessus, nous pouvons avoir les cas de figures suivants :

$$R = \frac{F.K}{D.A} \quad D = \frac{F.K}{R.A} \quad A = \frac{F.K}{R.D}$$

Exemple: Un exploitant pulvérise son champ avec un appareil qui couvre 5 mètres par passage. Il marche 1,2m/s et vide 3 litres de produit par hectare. Déterminer le débit de l'appareil.

Solution :

R = 5 mètres - D = 1,2m/s ou 72 m/mn et A = 3 litres/ha

$$F = \frac{R.A.D}{K} = \frac{5 \times 72 \times 3}{10.000} = 0,108 \text{ litre /mn}$$

4.7.3.PRECAUTIONS A PRENDRE POUR L'UTILISATION DES PESTICIDES

4.7.3.1. Mesures à prendre pour la manutention et le stockage des pesticides

✓ **Achat de produit :**

- Acheter à temps le produit qui convient, dans les emballages d'origine
- Ne pas acheter d'emballages endommagés

✓ **Transport**

- Eviter le transport mixte des passagers, du bétail et des denrées alimentaires
- Charger avec soins les produits pesticides : cas des fûts de 200 litres de produits liquides à ranger couchés pour les Organophosphorés

✓ **Stockage**

- Ne jamais stocker les pesticides avec des denrées alimentaires.
- Ne jamais garder des pesticides dans des emballages ayant contenus des aliments
- Garder les produits à l'abri des enfants dans un lieu sûr.
- En cas de coulage ; procéder au reconditionnement et nettoyage du sol par de la chaux

4.7.3.2. Mesures à prendre

▪ Avant le traitement :

- ❖ Vêtements et accessoires de protection : il faut se protéger afin d'avoir le minimum de contact entre la peau et le produit par le port des vêtements, des gants, des bottes, des lunettes de protection et des masques respiratoires ;
- ❖ Connaître le ravageur et l'importance des dégâts qu'il provoque réellement ;
- ❖ N'utiliser les pesticides que lorsqu'ils sont vraiment nécessaires ;
- ❖ Se renseigner sur la méthode de lutte appropriée ;
- ❖ N'utiliser que le pesticide homologué recommandé pour le problème concerné et le moins toxique pour l'environnement ;
- ❖ Bien lire l'étiquette pour s'informer sur les conditions d'application ;
- ❖ Les opérateurs professionnels utilisant beaucoup d'organophosphorés doivent consulter le médecin pour un suivi sanitaire (l'étude du taux de cholinestérase dans le sang : cas du programme QUEST) ;
- ❖ Avoir une quantité suffisante d'eau, du savon et une serviette ;
- ❖ Avertir les voisins de votre programme de traitement ;
- ❖ Ne pas transporter les pesticides dans des bouteilles de boisson ou des récipients inappropriés.

QUEST : contrôle de Qualité, Suivi Environnemental et Sanitaire des traitements anti-acridiens

▪ Pendant la préparation du produit et au cours de l'application

- ❖ porter des vêtements de protection ;
- ❖ Ne jamais travailler seul lors de la manipulation des produits agro pharmaceutiques ;
- ❖ Ne jamais laisser les enfants ou toute autre personne s'approcher du lieu où se fait le mélange ;
- ❖ Toujours se tenir contre le vent lorsqu'on effectue le mélange ;
- ❖ Pendant le traitement, ne jamais tenter de déboucher les buses ou tuyaux encrassés en soufflant dedans ;
- ❖ Ne jamais laisser les pesticides dans le champ sans surveillance ;
- ❖ Assurer la surveillance nécessaire du personnel effectuant l'application des pesticides et prévoir les périodes de repos qui s'imposent ;
- ❖ Pour des personnes subissant des examens sanguins, ne pas travailler avec des pesticides en cas de taux de cholinestérase inférieur à la normale.

▪ Après traitement

- ❖ Ramener les pesticides non utilisés en magasin ;
- ❖ Se débarrasser d'une manière sûre de tous les récipients vides. On n'est jamais sûr d'avoir bien nettoyé un vieil emballage de produits pour y mettre de la nourriture, de l'eau, etc. ;
- ❖ Ne jamais laisser de pesticide dans les appareils après le traitement. Nettoyer le matériel et le ranger en magasin ;
- ❖ Enlever et nettoyer les vêtements de protection ;
- ❖ Se laver proprement et porter des habits propres ;
- ❖ Garder le reste des produits dans les emballages d'origine.

4.7.3.3. Dispositions à prendre en cas d'intoxication

Il est facile d'éviter une intoxication que de la guérir. Il vaut donc mieux manipuler les produits phytosanitaires avec précaution

- ❖ En cas de symptômes d'intoxication par ingestion, inhalation ou par contact (vomissements, douleurs abdominales, diarrhées, troubles respiratoires, irritations oculaires), il faut isoler le malade et pratiquer une respiration artificielle.

- ❖ En cas de contact avec la peau, faire un lavage abondant à l'eau
- ❖ Ramener le plus tôt possible le malade à l'hôpital avec le produit toxique en question et le récipient qui le contient avec l'étiquette.

Pour certains produits, il existe des antidotes tels que l'Atropine, le Contrathion, et le Toxogonine en cas d'intoxication par les organophosphorés.

En cas d'intoxication chimique, les travailleurs exposés aux organophosphorés doivent faire un contrôle de taux cholinestérase et une baisse > 20% du taux de base donne lieu à un repos loin des produits toxiques.

4.7.4. APPROCHE GESTION INTEGREE DE LA PRODUCTION ET DES DEPREDATEURS A TRAVERS LES CHAMPS ECOLES PRODUCTEURS (GIPD/CEP)

4.7.4.1. Description de l'approche GIPD/CEP

La Gestion Intégrée de la Production et des Déprédateurs(GIPD) est l'usage de plusieurs stratégies de production et de protection en harmonie avec les processus naturels.

Le programme GIPD utilise les Champs Ecoles de Producteurs comme moyen de formation et de vulgarisation.

Un champ école de producteurs (CEP) est une plateforme, dont le but est d'améliorer la capacité de prise de décision des communautés d'exploitants agricoles et de stimuler les innovations locales en vue de promouvoir une agriculture durable.

Le CEP est composé de 20 à 25 producteurs qui se réunissent régulièrement (hebdomadaire) pendant une saison de culture pour échanger leurs expériences, avec de nouvelles options de production.

4.7.4.2. Les principes de la GIPD

- ✓ **Produire une culture saine**
 - Utilisation des variétés tolérantes et adaptées aux conditions locales
 - Fertilisations appropriées (engrais et fumure organique)
 - Préparation et entretien des sols
- ✓ **Préserver les ennemis naturels**
 - Apprendre à reconnaître et gérer les ennemis naturels en évitant qu'ils soient détruits par des applications « non nécessaires » des pesticides chimiques de synthèse
- ✓ **Observer régulièrement le Champ**
 - Le développement & croissance de la plante
 - Les maladies
 - Les adventices
 - Les populations des ravageurs
 - Les ennemis naturels
 - etc
- ✓ **Faire du producteur l'expert de son champ**

À travers l'Analyse de l'Agro Eco Système de façon régulière, le producteur améliore ses aptitudes à identifier et découvrir lui-même les solutions à certains problèmes auxquels il est confronté dans la gestion de ses cultures

L'approche participative utilisée dans le CEP, permet au producteur de prendre conscience de la valeur de ses connaissances et à mieux les exploiter pour résoudre les problèmes de gestion de son champ. Le champ devient alors son laboratoire

Le CEP permet de renforcer les capacités décisionnelles et managériales du producteur.

4.7.4.3. Les objectifs de la GIPD :

- L'objectif général du Programme est d'améliorer la production et la productivité agricoles par l'adoption de stratégies peu coûteuses, respectueuses de la santé

humaine, animale et de l'environnement à travers une utilisation raisonnée des intrants dont les pesticides.

- Les objectifs spécifiques sont multiples et visent à :

- Maintenir à un niveau acceptable les populations des nuisibles des cultures par l'action des auxiliaires (ennemis naturels) qu'il est impératif de préserver par les pratiques culturales et les méthodes de lutte biologique ;
- Faire changer d'attitude les producteurs et améliorer leurs connaissances face à l'utilisation des intrants chimiques, particulièrement les pesticides;
- Adopter des mesures saines pour la production avec une utilisation raisonnée des pesticides ;
- Alerter les producteurs et consommateurs des dangers que représentent les mauvaises utilisations et gestion des pesticides sur la santé humaine et animale et sur la dégradation de l'environnement ;
- Préserver l'environnement, la santé des producteurs et des consommateurs.

4.7.4.4. Eléments fondamentaux d'un CEP

- ✓ Le Groupe de producteurs ayant un intérêt commun qui se retrouvent de façon régulière pour étudier «le comment et le pourquoi »d'un sujet déterminé
- ✓ Le champ est « le professeur » et fournit la majorité des supports didactiques (plantes, insectes, problèmes réels...)
- ✓ Le facilitateur doit être techniquement compétent pour guider les membres du CEP dans les exercices pratiques
- ✓ Le programme du CE se construit à partir des préoccupations des communautés, suit le cycle naturel de son sujet (cultures, animaux, sol ou artisanat,etc..) et doit couvrir tous les aspects du sujet.

4.7.4.5. Contenu général du CEP

- **Bonnes Pratiques Agricoles**
 - ✓ Choix des semences saines
 - ✓ Application des techniques appropriées et performantes
 - ✓ Gestion rationnelle des intrants dont les pesticides
 - ✓ Exploitation des ressources naturelles disponibles
- **Analyse de l'Agro écosystème**
 - ✓ Collecte de données, des informations, etc.
 - ✓ Analyse des informations recueillies ou données
 - ✓ Prise de décision
- **Recherche Action Participative**
 - ✓ Zoos à insectes
 - ✓ Études de compensation
 - ✓ Études spéciales (tests, essais)
- **Dynamique de groupe**
 - ✓ Exercices d'entraide, d'association, d'esprit de groupe, etc.
 - ✓ Renforcement de la cohésion sociale et de la solidarité
- **Sujets spéciaux:**(thèmes)

Disciplines ayant trait à la production, la protection phytosanitaire, l'environnement, la santé humaine, etc.