

MINISTRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE



UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE
BOBO-DIOULASSO (U.P.B.)



INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET DE
RECHERCHES AGRICOLES (INERA)

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL (I.D.R.)

DEPARTEMENT PRODUCTIONS VEGETALES (D.P.V.)

MÉMOIRE présenté par :
TIEMTORÉ Claude Bernard

Pour obtenir le
Diplôme d'Études Approfondies (D.E.A.)
En Gestion Intégrée Des Ressources Naturelles, Système De Production
Option : Protection des Végétaux

THÈME :

**RÔLE DES PLANTES HÔTES DANS LE MAINTIEN DE LA SENSIBILITÉ DE
HELICOVERPA ARMIGERA (HÜBNER) (LEPIDOPTERA : NOCTUIDAE) AUX
TOXINES DU COTON *Bt* AU BURKINA FASO**

Soutenu le 27 mars 2007

Devant le jury composé de :

Président : Pr. TRAORE N. Seydou

Membres : Pr. Clémentine L. DABIRÉ/BINSO

Pr. SANON Antoine

Dr. DABIRE Rémy

TABLE DES MATIÈRES

REMERCIEMENTS	IV
SIGLES ET ABRÉVIATIONS	V
LISTE DES TABLEAUX	VI
LISTE DES CARTES ET DES FIGURES	VI
RÉSUMÉ.....	1
ABSTRACT	2
INTRODUCTION.....	3
CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	5
1.1. Importance de la culture du coton	5
1.1.1. Importance économique	5
1.1.2. Le cotonnier dans les systèmes de production au Burkina Faso	5
1.2. Le ravageur du cotonnier : <i>Helicoverpa armigera</i> Hübner	6
1.3. Protection phytosanitaire du cotonnier	7
1.3.1. La résistance des insectes aux insecticides.....	7
1.3.1.1. Lutte chimique contre les insectes ravageurs du cotonnier	7
1.3.1.2. Avènement des problèmes de résistance des insectes	8
1.3.1.3. Stratégie de gestion de la résistance des insectes aux pyréthrinoïdes	9
1.4. Le coton génétiquement modifié	9
1.4.1. La bactérie <i>Bacillus thuringiensis</i> B. et le gène <i>Bt</i>	9
1.4.1.1 Cibles des endotoxines	10
1.4.1.2 Mode d'action des endotoxines.....	10
1.4.2. Risque d'apparition d'insectes résistants aux delta-endotoxines du coton <i>Bt</i>	11
1.4.3. Stratégie de gestion de la résistance aux delta-endotoxines.....	11
1.4.4. Coton Bt en Afrique	12
CHAPITRE II. : MATÉRIEL ET MÉTHODES	13
2.1. Site.....	13
2.2. Matériel végétal et animal	13
2.3. Dispositif expérimental	14
2.4. Paramètres étudiés	15
2.4.1. Méthode de suivi des infestations de <i>H. armigera</i>	16
2.4.2. Méthode de suivi de l'incidence du coton <i>Bt</i> sur l'intensité des infestations sur les cultures refuges.....	16

2.4.3. Méthode de suivi de la fluctuation des populations larvaires de <i>H. armigera</i> entre le coton transgénique et la culture refuge associée	16
2.4.4. Méthode d'inventaire des plantes hôtes de <i>H. armigera</i> connues des producteurs.....	17
2.4.4.1. Outils de collecte des données.....	17
2.4.4.2. Échantillonnage	17
2.4.5. Analyse des données.....	18
CHAPITRE III. : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS	19
3.1. Infestation des cultures par <i>Helicoverpa armigera</i> H.	19
3.1.1. Oviposition sur les cultures	19
3.1.2. Fluctuation des populations larvaires de <i>H. armigera</i>	21
3.1.3. Discussion et conclusion partielles.....	23
3.2. Influence des plantes refuges sur la dilution des gènes de résistance aux delta-endotoxines	24
3.2.1. Incidence du coton <i>Bt</i> sur l'intensité des infestations des cultures refuges.....	24
3.2.2. Fluctuation du niveau de populations larvaires de <i>H. armigera</i> entre le coton transgénique et la culture refuge associée	24
3.2.3. Discussion et conclusion partielles.....	25
3.3. Inventaire de plantes hôtes de <i>H. armigera</i> connues des producteurs	26
CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES	28
RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES	30
ANNEXES	34

DÉDICACE

A l'Éternel mon créateur en qui je mets toute ma foi ;

*A ma mère et à la mémoire de mon père qui vient juste de nous quitter ; Ensemble, ils ont
consenti beaucoup d'amour et d'efforts dans mon éducation et ma réussite ;*

A la mémoire de mon frère Aîné, Bruno, pour m'avoir poussé à aller de l'avant ;

A mes frères et sœurs pour leur soutien multiforme ;

*A ma compagne de tous les jours, Louise mon épouse, qui a toujours su trouver le soutien et
les mots qu'il faut au moment opportun ;*

A mes enfants qui m'incitent à persévérer et qui me donnent la joie de vivre.

REMERCIEMENTS

Ce travail a été réalisé à la station de Recherche de Farako-Bâ du Centre Régional de Recherches Environnementales et Agricoles de l'Ouest de l'INERA, au sein de l'équipe de recherche du Programme Coton, à Bobo-Dioulasso. J'ai bénéficié au cours de cette formation d'un soutien multiforme du corps professoral du DEA, de mes supérieurs hiérarchiques et de mes collègues. A cet effet, j'adresse mes remerciements :

- au **Professeur Idrissa O. DICKO** pour son soutien scientifique, sa disponibilité, son suivi soutenu, me permettant ainsi de bénéficier pleinement de son expérience.
- au **Professeur Clémentine L. DABIRÉ/BINSO, Maître de Recherche (INERA)**, qui m'a assuré un encadrement rapproché et dont les critiques si précieuses ont été judicieusement exploitées ;
- au **Professeur Seydou Nafoni TRAORÉ, Maître de Recherche (INERA)**, dont les corrections et les critiques m'ont permis d'améliorer la qualité du document ;
- au **Dr Ouola TRAORÉ** (chef de Programme Coton de l'INERA) pour avoir soutenu mon inscription et mis à ma disposition les moyens matériels et financiers indispensables ;
- au **Professeur Adrien BÉLEM**, responsable de la formation du 3^{ème} cycle en gestion intégrée des ressources naturelles, système de production de l'Institut du Développement Rural (IDR) de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso pour le bon climat de travail qu'il a su instaurer durant toute la période des enseignements de l'A.E.A. ;
- au **Dr Remy DABIRÉ** (Chef du CRREA de l'Ouest) pour son soutien multiforme ;
- au **Dr Dona DAKOUO, Directeur de Recherche**, pour sa disponibilité ; ses remarques et apports pertinents m'ont été très utiles dans l'amélioration de la qualité du document ;
- à Mr **Omer HÉMA**, Mme **Aurokiatou NAMONO/TRAORÉ**, Mrs **SOME Hugues**, **SANFO Denys**, **KOULIBALY Bazoumana**, **VOGNAN Gaspard** et **OUATTARA Marc**, chercheurs au Programme Coton, pour leur disponibilité, leurs conseils et leur soutien ;
- à Mrs **Lamoussa OUÉDRAOGO**, **Alexis LIRACÉ** et **Brahima OUATTARA**, techniciens au Programme Coton, pour leur soutien pendant la mise en place et le suivi des expérimentations.

SIGLES ET ABRÉVIATIONS

INERA : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

CGM : Coton Génétiquement Modifié

Bt : *Bacillus thuringiensis*

DL50 : Dose létale 50

PE : parcelle élémentaire

Jas : jours après semis

FOB : Free On-Board

EPA : Environmental Protection Agency

ATP : Adénosine TriPhosphate

kDa : kilo Dalton

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Quantités et coûts des insecticides employés de 2003 à 2005 en culture cotonnière au Burkina Faso	7
Tableau II : Propriétés insecticides des toxines de différentes souches de <i>B. thuringiensis</i>	10

LISTE DES CARTES ET DES FIGURES

Carte 1 : Zones cotonnières du Burkina Faso (SOFITEX, 2005).....	6
Figure 1 : Dispositif expérimental de l'étude sur le rôle des plantes hôtes dans le maintien de la sensibilité de <i>H. armigera</i> aux toxines du coton <i>Bt</i> au Burkina Faso, en 2005.....	14
Figure 2 : Parcelle élémentaire de l'étude sur le rôle des plantes hôtes dans le maintien de la sensibilité de <i>H. armigera</i> aux toxines du coton <i>Bt</i> au Burkina Faso, en 2005.....	15
Carte 2 : sites retenus pour l'inventaire des plantes hôtes de <i>H. armigera</i> connues des producteurs	17
Figure 3 : Infestation des fruits et épis des cultures de coton, de gombo, de maïs et de sorgho par les œufs de <i>H. armigera</i> à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005	19
Figure 4 : Évolution des pontes de <i>H. armigera</i> sur les cultures de coton, de gombo, de maïs et de sorgho à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005.....	20
Figure 5 : Infestation des fruits et épis des cultures de coton, de gombo, de maïs et de sorgho par les larves de <i>H. armigera</i> à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005.....	21
Figure 6 : Fluctuation des populations larvaires de <i>H. armigera</i> sur les cultures de coton, de gombo, de maïs et de sorgho à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005	22
Figure 7 : Impact du coton <i>Bt</i> sur l'oviposition de <i>H. armigera</i> sur la plante refuge à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005	24
Figure 8 : Fluctuation comparée des populations larvaires de <i>H. armigera</i> entre le coton BGII et les cultures refuges (A = BG II/gombo ; B = BG II/Maïs ; C = BG II/Sorgho) à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005	25
Figure 9 : Plantes cultivées et fréquence de citation (%) sur lesquelles les producteurs reconnaissent avoir observé des larves de <i>H. armigera</i> (A : cultures pluviales ; B : cultures maraîchères) au Burkina Faso, 2006	27

RÉSUMÉ

Dans le but de trouver une alternative aux applications chimiques de plus en plus inopérantes sur *Helicoverpa armigera* H, le coton *Bt* est actuellement en expérimentation au Burkina Faso. Son exploitation commerciale nécessite toutefois la mise en place d'une stratégie pour retarder le délai d'apparition d'une éventuelle résistance aux toxines *Bt* au sein des populations de l'insecte.

Cette étude a évalué la contribution du sorgho, du maïs et du gombo en tant que plantes hôtes pouvant servir de refuges pour *H. armigera* et pouvant réduire l'exposition du ravageur aux toxines *Bt* en vue de retarder le phénomène de résistance. Le gombo, bien que cultivé sur de petites surfaces dans le système de culture, s'est révélé la culture hôte la plus attractive pour l'insecte. Il est suivi par le maïs qui a supporté plus de populations larvaires de *H. armigera* que le coton transgénique dont l'action des toxines réduit considérablement le nombre des larves dès les premiers stades. Le type de sorgho utilisé dans cette étude s'est révélé le moins attractif.

D'autres cultures et adventices ont été signalés comme des hôtes de *H. armigera* par les producteurs. Il s'agit des cultures pluviales telles que l'arachide et le niébé et les cultures maraichères telles que la tomate et l'aubergine. Parmi les adventices *cleome viscosa* L. a été cité.

Ces travaux ont mis en évidence l'existence possible dans les écosystèmes du Burkina Faso d'un nombre non négligeable de plantes hôtes de *H. armigera* qui pourront contribuer à retarder la manifestation de la résistance de l'insecte aux toxines *Bt* et qu'il faut identifier et étudier. Un réaménagement des calendriers culturaux sera certainement nécessaire pour synchroniser les émergences de l'insecte sur le coton et sur les autres cultures et favoriser ainsi des accouplements entre les individus sensibles et les individus résistants.

Mots clés : *Helicoverpa armigera*, coton *Bt*, gestion de la résistance, plantes hôtes, stratégie zone refuge.

ABSTRACT

In Burkina Faso *Bt*-cotton is currently under field experimentation. This aims at finding an alternative to chemical applications, which can prove ineffective in controlling *H. armigera* populations. Before commercial use of *Bt*-cotton, a good strategy should be elaborated to prevent the occurrence of resistance within the insect population.

This study, sorghum, corn and okra has been assessed as host plants which could be exploited as refuges crops of *H. armigera* and could therefore reduce the insect exposure to *Bt* toxins, hence easing the management of resistance.

Although grown on reduce surfaces and local involved in the farming system, okra appeared as the most attractive host for this insect. It is followed by the corn, which supported more larval populations of *H. armigera* than transgenic cotton whose toxins action reduces considerably the larvae number at first stages. Sorghum and probably the type of sorghum used in that study have been the less attractive host crop for the insect.

Other cultures and weeds as well were discovered to be potential host of *H. armigera* by the farmers. They are primarily crops growing during rainy season like peanut and cowpea and some vegetables like tomato and aubergine. Some weed such as *Cleome viscosa* L. also have been quoted as such. In the ecosystems of Burkina Faso, there are many *H. armigera* host, many plant species hosting which could be used to delay the insect resistance to *Bt*-cotton toxin. Potential host of *H. armigera* and there identification are a new field of research that needs to be investigated.

Changing the farming calendar would certainly be necessary to synchronize insect appearance on cotton and susceptible other crops. This would also enable crossings susceptible and resistant insects.

Key words: *Helicoverpa armigera*, *Bt*-cotton, resistance management, host plants, refuge zone strategy.

INTRODUCTION

La production cotonnière constitue le moteur de l'économie nationale au Burkina Faso, elle contribue pour 40 % au Produit Intérieur Brut (PIB) et de 50 à 60 % aux recettes totales d'exportation (VOGNAN, 2006). Ces dernières années, la production nationale a connu une croissance considérable, atteignant plus de 650 000 tonnes de coton graine en 2005. Cette performance s'explique par la conjugaison de plusieurs facteurs, dont la protection phytosanitaire car le cotonnier subit des attaques d'un grand nombre de ravageurs. Selon TRAORÉ *et al.* (1998), les pertes de rendement imputables aux ravageurs en absence de protection phytosanitaire pouvaient atteindre localement 90 % du potentiel des variétés cultivées. Près de 14,8 milliards de francs CFA ont été nécessaires pour l'achat des pesticides de synthèse en 2005 au Burkina Faso (DAKUO, 2005). De plus en plus, la filière cotonnière doit faire face à la résistance développée par le principal ravageur, *Helicoverpa armigera* (Hübner), aux pyréthrinoïdes, famille d'insecticides chimiques présentant cependant des avantages économiques et sanitaires (FERRON *et al.*, 2006).

Le coton génétiquement modifié, avec un gène de la bactérie *Bacillus thuringiensis* Berliner (*Bt*), a été développé en vue de trouver une alternative aux pulvérisations chimiques. Le gène *Bt* synthétise des toxines qui contrôlent, après ingestion, les populations des larves de certains lépidoptères (GLICK et PASTERNAK, 1998).

L'efficacité du coton *Bt* a été confirmée au Burkina Faso, après trois années d'expérimentation (Programme Coton, 2003 ; 2004). Ainsi, les traitements insecticides généralement appliqués contre les lépidoptères pourraient ne plus se justifier avec ce type de cotonnier, ce qui entraînerait des gains économiques. Toutefois les avantages liés à la nouvelle technologie pourraient être de courte durée si l'on ne tenait pas compte des phénomènes de résistance que les insectes pourraient éventuellement développer. En effet, des études ont déjà révélé au laboratoire des cas de résistance d'insectes cibles aux toxines *Bt* (SHELTON *et al.*, 2000 ; TABASHNIK *et al.*, 2003).

L'adoption du coton *Bt* pour une exploitation à grande échelle nécessite donc des stratégies de gestion appropriée pour prévenir et retarder la manifestation de la résistance. Une des stratégies préconisées suggère entre autres de minimiser la pression de sélection sur les ravageurs en réduisant leur exposition aux toxines *Bt*. Pour ce faire, une zone refuge structurée non transgénique est maintenue à proximité des cultures transgéniques. Cette zone refuge est supposée permettre le développement d'un pool suffisant d'insectes sensibles qui

pourront s'accoupler avec les rares survivants résistants provenant de la parcelle *Bt*. Leur descendance hétérozygote sera contrôlée par les fortes doses de toxines du coton *Bt* permettant de réduire ainsi la prolifération du gène de résistance.

Dans des pays à économie avancée comme les Etats-Unis, la grande taille des champs, la pratique de la monoculture en zone cotonnière et la production continue de la toxine par le coton transgénique constituent des éléments qui augmentent la pression de sélection sur les ravageurs et favorisent donc le développement de la résistance. Pour réduire l'exposition des ravageurs aux toxines *Bt* il a été imposé dans ce pays une zone refuge structurée occupant 20 % de la superficie totale de l'exploitation. Par ailleurs, cette zone refuge est protégée chimiquement contre les ravageurs (GOULD, 2000).

Dans les systèmes de production Ouest Africains, les cultures sont généralement diversifiées, reparties sur des parcelles de tailles réduites et présentées en mosaïque. Certaines de ces cultures ainsi que certaines adventices sont reconnues comme hôtes de *H. armigera*. Les larves ont été observées sur des cultures comme le cotonnier, le maïs, la tomate, le gombo et sur des adventices comme *Cleome viscosa* (Linnaeus) et *Leucas martinicensis* (Ait) (OUATTARA *et al.*, 1977 ; NIBOUCHE, 1994 ; GREEN *et al.*, 2003 ; BORDAT et ARVANITAKIS, 2004 ; RAVI *et al.*; 2005). Des études réalisées en Inde et en Afrique du Sud, ont montré la contribution possible des hôtes alternatifs dans la gestion de la résistance des ravageurs aux toxines du coton *Bt* (WU *et al.*, 2002; GREEN *et al.*, 2003 et RAVI *et al.*, 2005).

L'objectif de notre étude est d'évaluer le potentiel des cultures et des adventices associées au système de production du coton, en tant que plantes hôtes pouvant contribuer à réduire l'exposition de *H. armigera* aux toxine *Bt* et à produire un pool suffisant d'individus sensibles pour retarder l'apparition de la résistance aux toxines *Bt*. L'étude s'attache principalement à :

1. évaluer l'importance de l'attraction exercée par certaines plantes hôtes cultivées sur *H. armigera* en tant que plantes refuges, sites de ponte et de développement larvaire
2. répertorier des adventices hôtes de *H. armigera* connues des producteurs.

Dans le présent mémoire, le premier chapitre fait une synthèse bibliographique sur le sujet. Le deuxième chapitre a trait au matériel et aux méthodes utilisés pour traiter le thème et le dernier chapitre est consacré à l'analyse et à l'interprétation des résultats obtenus.

CHAPITRE I : REVUE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Importance de la culture du coton

1.1.1. Importance économique

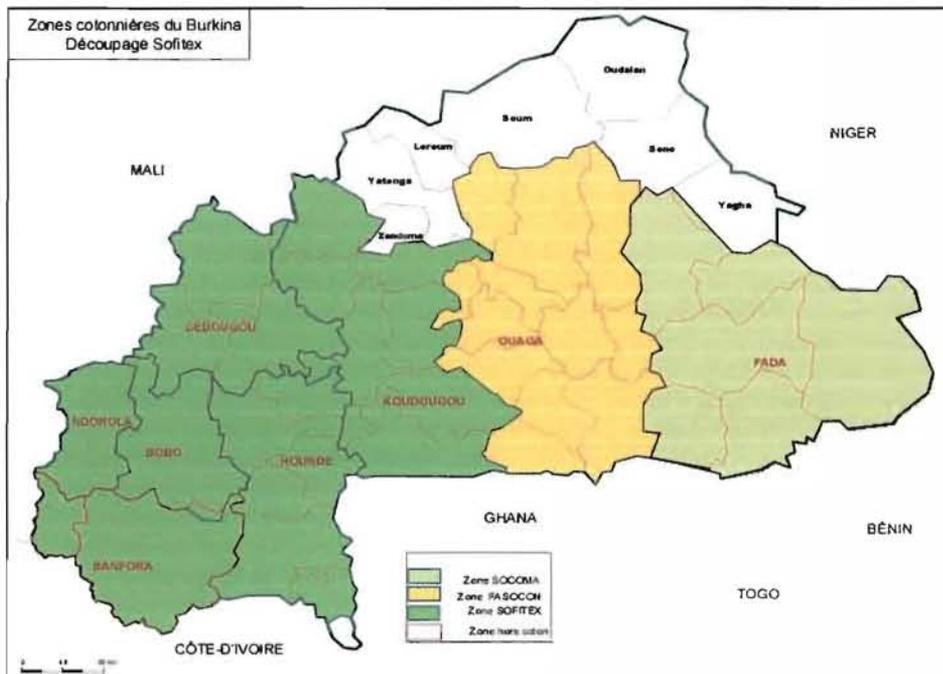
La production de coton en Afrique de l'Ouest a connu une hausse rapide au cours des dernières décennies, passant de quelque 150 000 tonnes de coton fibre dans les années 1970 à plus d'un million de tonnes en 2003-2004 (HUSSEIN *et al.*, 2005). Le Burkina Faso, avec plus de 650 000 tonnes en 2005, se présente comme le premier producteur sur le plan régional. Le coton occupe 5 % des superficies cultivées. Spéculation stratégique pour le pays, le coton constitue la première culture de rente. Elle représente 40 à 50 % des recettes totales d'exportation du pays et satisfait également 40 % de la consommation nationale en huile. La graine entre dans l'alimentation humaine et animale. En valeur FOB, les exportations de coton du Burkina Faso sont passées de 21,865 milliards de franc CFA en 1992 à plus de 119,725 milliards de franc CFA à partir de 1998 (VOGNAN *et al.*, 2002).

Le coton est la seule production agricole monétaire au Burkina Faso assurant régulièrement aux agriculteurs des revenus garantis, les prix étant fixés à l'avance et les rendements relativement stables. Ces revenus permettent aux agriculteurs de supporter les coûts de production, les dépenses personnelles et d'accumuler du capital (VOGNAN *et al.*, 2002).

1.1.2. Le cotonnier dans les systèmes de production au Burkina Faso

La culture du coton, attelée pour l'essentiel, est pratiquée en régime strictement pluvial dans les régions Centre, Est et Ouest du pays (Carte 1). Plus de 90 % des exploitations ont moins de 5 ha (VOGNAN *et al.*, 2003). Cultivé en rotation avec des céréales (maïs, sorgho, mil, riz pluvial, etc.) ou avec des légumineuses (niébé, arachide, voandzou, etc.), la culture occupe en général 50 % de l'exploitation agricole dans ces zones. Le reste est réservé aux cultures vivrières afin d'assurer la sécurité alimentaire de la famille.

L'intensification croissante de la culture cotonnière a entraîné une amélioration parallèle du niveau technique des producteurs et une intensification des cultures vivrières (VOGNAN *et al.*, 2002). Recevant régulièrement une fertilisation minérale ou organique, le coton est un excellent précédent cultural dans le système de production.



Carte 1 : Zones cotonnières du Burkina Faso (SOFITEX, 2005)

1.2. Le ravageur du cotonnier : *Helicoverpa armigera* Hübner

Cible favorite des ravageurs, le cotonnier est attaqué par près de 500 insectes et 30 organismes pathogènes recensés en Afrique au sud du Sahara (DELATTRE 1973). Parmi ces insectes ravageurs, *H. armigera* Hübner, Lépidoptère de la famille des Noctuidés, est l'un des plus préoccupants au Burkina Faso. Il a été signalé en Afrique, en Asie et en Australie. Ce ravageur polyphage peut vivre aux dépens de milliers d'espèces botaniques appartenant à des dizaines de familles. Les graminées, les légumineuses et les solanacées figurent parmi les plus importantes (DELATTRE, 1973). Plusieurs auteurs ont confirmé la polyphagie de ce ravageur sur des céréales, des légumes, des oléagineux et des plantes ornementales (OUATTARA *et al.*, 1977 ; GREEN *et al.*, 2003 ; BUES et BOUDINHON, 2003 ; BORDAT et ARVANITAKIS, 2004 ; RAVI *et al.*; 2005).

Les observations de NIBOUCHE (1994) révèlent trois à quatre générations de *H. armigera* en zone de cultures pluviales et six à neuf générations en zone de cultures maraîchères dans la région Ouest du Burkina Faso. Les chenilles se nourrissent surtout des boutons floraux et des capsules du cotonnier. Une larve du dernier stade peut consommer plus de trois boutons floraux par jour (REED 1965 cité par NIBOUCHE 1999)

1.3. Protection phytosanitaire du cotonnier

Le niveau de la production cotonnière dépend en partie de l'application et de l'efficacité d'un programme de protection phytosanitaire. Selon SILVY (1995), les pertes actuelles de récoltes dues principalement aux insectes se situent à 41 % du potentiel de production et à 84 % en absence de protection. Au Burkina Faso, ces pertes ont été évaluées en 1991 à environ 50 000 tonnes, soit plus de quatre milliards de francs CFA (NIBOUCHE, 1994).

Les pesticides chimiques constituent le principal moyen efficace utilisé pour lutter contre les déprédateurs du cotonnier. Les quantités d'insecticides employées en culture cotonnière au Burkina Faso sont passées d'environ 2,3 millions de litres en 2003 à plus de trois millions de litres en 2005. Pour la même période, il y a eu un accroissement des coûts qui sont passés de 11,184 milliards de francs CFA à 14,754 milliards de francs CFA (Tableau I).

Tableau I : Quantités et coûts des insecticides employés de 2003 à 2005 en culture cotonnière au Burkina Faso

Campagne	Quantité d'insecticide (litre)	Coût milliard de F CFA
2003-2004	2 306 000	11,184
2004-2005	2 650 000	12,852
2005-2006	3 042 000	14,754

Source : DAKUO (2005)

La toxicité et les dérives dans la manipulation de ces produits ont des impacts sur la santé humaine, agricole et environnementale. Manquant pour la plupart de sélectivité, ces produits de traitement exercent une action nocive sur la faune utile (les abeilles, les prédateurs et les parasitoïdes, etc.) et polluent les ressources hydriques (LUSINCHI, 2002 ; INC, 2003), constituant ainsi un risque réel pour l'environnement.

1.3.1. La résistance des insectes aux insecticides

1.3.1.1. Lutte chimique contre les insectes ravageurs du cotonnier

Environ 25 % des insecticides utilisés dans le monde sont orientés vers la culture cotonnière. La consommation de l'Afrique sub-saharienne est estimée à 4 % (SILVY, 1995). Ne faisant pas exception, le Burkina Faso utilise ces produits pour l'essentiel sur la culture cotonnière et les cultures maraîchères. Ils appartiennent aux groupes insecticides des pyréthrinoïdes et des organophosphorés.

Selon HEMA (2004), le programme de protection du cotonnier dans la sous-région Ouest africaine comptait quatre à cinq pulvérisations, espacées de quatorze jours. Mais les pertes de

sensibilité observées à partir des années 1995-1996 (MARTIN *et al.*, 2000) ont conduit à une augmentation du nombre de traitements et corrélativement à une diminution de l'intervalle entre deux applications (NIBOUCHE, 1991 et 1992, cités par HEMA, 2004). L'application des insecticides exerce naturellement une pression de sélection au sein des populations des ravageurs (HAN *et al.*, 1999) et selon VASSAYRE (1996) le nombre d'individus résistants croît d'une génération à une autre.

1.3.1.2. Avènement des problèmes de résistance des insectes

Selon DELORME (1985a), plusieurs définitions de la résistance soulignent son caractère évolutif et héréditaire. On note le passage d'un état initial de sensibilité en absence de traitement à un nouvel état de moindre sensibilité suite à l'application de toxiques ou à la transmission génétique du phénomène. La résistance résulterait de la sélection, suite à des traitements successifs, d'individus présentant une certaine préadaptation au sein de l'espèce. Ces individus sont porteurs de gènes de résistance responsables de modifications subtiles et complexes dans la biochimie et la physiologie de l'insecte. Depuis la première description en 1908 de la résistance du pou de San José (*Quadraspidiotus perniciosus*) aux polysulfures dans les vergers de l'Illinois aux USA, le nombre de cas de résistance n'a cessé d'augmenter (DELORME, 1985b).

L'efficacité des pyréthrinoïdes pour la lutte contre les ravageurs du cotonnier et leur faible coût ont entraîné leur généralisation en Afrique de l'Ouest (HEMA, 2004). Cependant, une telle dépendance pour une classe d'insecticides a eu pour conséquence le développement de la résistance chez plusieurs insectes un peu partout dans le monde (McCAFFERY, 1998 cité par HEMA, 2004). Cela a obligé les usagers à associer des insecticides d'autres familles, plus coûteux.

OCHOU (2004) a décelé après quelques années de suivi de la sensibilité de souche de terrain de *H. armigera* aux insecticides, une augmentation sensible de la DL50 de la Cyperméthrine. Il a conclu en 1995 que, depuis plusieurs années, la fréquence des individus résistants aux pyréthrinoïdes augmenterait au sein des populations. Au Burkina Faso, des tests de sensibilité par application topique, réalisés de 1998 à 2000, révèlent des niveaux divers de sensibilité d'*H. armigera* aux pyréthrinoïdes, en fonction des zones de culture (HEMA, 2004).

1.3.1.3. Stratégie de gestion de la résistance des insectes aux pyréthriinoïdes

Suite au constat de l'accroissement du niveau de la résistance des insectes aux pyréthriinoïdes vulgarisés en Afrique de l'Ouest, un programme sous-régional visant à réduire l'utilisation de ceux pour lesquels *H. armigera* a développé une résistance a été adopté. Ce programme vise aussi à retarder l'accoutumance des ravageurs aux nouvelles molécules. Cette situation a amené également le Burkina Faso à rechercher d'autres alternatives et à opter pour l'expérimentation du coton transgénique.

1.4. Le coton génétiquement modifié

La possibilité de pouvoir accéder à l'information génétique et la modifier, grâce au génie génétique, a fortement contribué à l'amélioration des espèces végétales d'intérêt économique cultivées. En effet, face aux applications inopérantes des insecticides chimiques, les progrès réalisés dans le domaine des biotechnologies végétales ont permis la création de cultures transgéniques peu exigeant en insecticides (MAFTAH et JULIEN, 2003).

Quatre vingt dix millions d'hectares dans le monde ont été emblavés avec des cultures transgéniques en 2005 (JAMES, 2005). Le soja transgénique occupe le premier rang avec 60 % de la superficie totale. Le maïs transgénique occupe 21,1 millions d'hectares. Le coton transgénique vient en troisième position avec 11 % de la superficie totale. La tolérance aux herbicides, la résistance aux insectes et la combinaison des deux gènes constituent les caractères principaux introduits dans les cultures.

Le coton *Bt* résulte de l'insertion dans le génome du cotonnier d'un gène exogène d'une bactérie, *Bacillus thuringiensis* Berliner. Cette opération permet au cotonnier d'acquérir ses propres moyens de défense vis-à-vis d'un certain nombre de ravageurs Lépidoptères, dont *H. armigera*.

1.4.1. La bactérie *Bacillus thuringiensis* B. et le gène *Bt*

B. thuringiensis B. est une bactérie sporulante du sol dont les spores ont dans les conditions favorables, des propriétés insecticides. Ces spores ont ainsi été utilisées depuis plus de quarante ans comme insecticide biologique. Ce produit représente aujourd'hui plus de 90 % du marché total des biopesticides (FRANCHE et DUHOUX, 2001 ; AMBEC, 2004).

1.4.1.1 Cibles des endotoxines

Bacillus thuringiensis B. comprend plusieurs souches qui secrètent chacune une δ -endotoxine agissant spécifiquement sur des lépidoptères, des diptères ou des coléoptères (Tableau II) (GLICK et PASTERNAK, 1998).

Aujourd'hui, plus d'une cinquantaine de gènes commandant la synthèse d'endotoxines ont été caractérisés. La séquence des gènes permet de classer les toxines (protéine Cry) en fonction de leur biologie. On a définie plus de 18 classes de protéines Cry, révélant ainsi la diversité de ces molécules (FRANCHE et DUHOUC, 2001).

Tableau II : Propriétés insecticides des toxines de différentes souches de *B. thuringiensis*

Souches de <i>B. thuringiensis</i>	Classe de la toxine	Taille de la protoxine (kDa)	Insectes cibles	Serotype
<i>Berliner</i>	Cry I	130-140	Lépidoptère	1
<i>Kurstaki KTO, HD-1</i>	Cry I	130-140	Lépidoptère	3
<i>Entomocidus 6.01</i>	Cry I	130-140	Lépidoptère	6
<i>Aizawai 7.29</i>	Cry I	130-140	Lépidoptère	7
<i>Aizawai IC 1</i>	Cry I	135	Lépidoptère, Diptère	7
<i>Kurstaki HD-1</i>	Cry II	71	Lépidoptère, Diptère	3
<i>Tenebrionis (san Diego)</i>	Cry III	66-73	Coléoptère	8
<i>Morrisoni PG 14</i>	Cry IV	125-145	Diptère	8
<i>Israelensis</i>	Cry IV	68	Diptère	14

Source : GLICK et PASTERNAK (1998)

1.4.1.2 Mode d'action des endotoxines

La propriété insecticide de *B. thuringiensis* est contenue dans une inclusion cristalline synthétisée au cours de la sporulation de la bactérie. Cette structure est constituée à 95 % de protéine et à 5 % d'hydrate de carbone. Lorsqu'elle est solubilisée, elle libère une protoxine (masse moléculaire de la toxine CryI : 130 kDa environ) qui est le précurseur de la forme active de l'enzyme (GLICK et PASTERNAK, 1998).

Lorsque l'inclusion cristalline est ingérée par l'insecte cible, la protoxine est activée dans le tube digestif à pH alcalin (7,5-8,0) par l'action de protéases spécifiques. Elle est alors transformée sous sa forme active, la toxine (masse moléculaire de la toxine CryI : 68 kDa). Cette toxine s'insère alors entre les cellules du tube digestif et forme un canal ionique par lequel l'insecte perd de l'énergie sous forme d'ATP et meurt (GLICK et PASTERNAK, 1998 ; CUMMINS, 2003).

1.4.2. Risque d'apparition d'insectes résistants aux delta-endotoxines du coton *Bt*

Pendant longtemps, l'absence totale de la résistance au champ faisait dire que les insectes n'avaient sans doute pas la capacité de développer de la résistance aux toxines *Bt* (TABASHNIK *et al.*, 2003). Cependant, par suite d'une pression de sélection intensive exercée sur des larves aux champs et au laboratoire en utilisant des toxines *Bt*, les premiers cas de résistance aux plantes transgéniques ont été signalés chez *Plodia interpunctella* Hübner (Mc GAUGHEY, 1985). Il a été très rapidement signalé d'autres cas montrant une réduction évolutive du niveau de sensibilité (FRANCHE et DUHOUX, 2001 ; AKHURST *et al.* 2003 ; TABASHNIK *et al.*, 2003). Cette situation observée sur des insectes pourrait ainsi s'accroître avec l'expansion des cultures transgéniques *Bt* sur lesquelles les ravageurs sont soumis en permanence à la toxine. En effet, selon ROUCHOUZE (2002), tous les modèles mathématiques montrent qu'une population soumise à une forte pression de sélection et possédant au préalable un gène de résistance, aura tendance à produire des individus qui seront résistants ou tolérants à la source de la pression. Il est donc urgent de trouver et d'intégrer dans les stratégies de gestion de la résistance des insectes cibles, des systèmes de production qui réduisent leur exposition à la toxine *Bt*.

1.4.3. Stratégie de gestion de la résistance aux delta-endotoxines

Selon DELORME (1985b), les modèles mathématiques ont démontré qu'après un traitement chimique, l'afflux de migrants pourrait diminuer fortement la fréquence de la résistance dans la descendance. La création ou l'existence d'une zone refuge constitue un moyen pour favoriser cet afflux de migrants dans le cas de la culture du coton *Bt*. Aussi, l'implantation de zones-refuges a été la première stratégie envisagée contre une résistance aux endotoxines *Bt*.

L'objectif de cette stratégie est de minimiser l'exposition des ravageurs aux toxines *Bt*, et de favoriser la multiplication d'individus sensibles, numériquement importants pour réduire les probabilités de croisement entre individus résistants issus des cultures transgéniques. Les croisements entre individus non résistants et individus résistants sont rendus ainsi plus probables. Cette zone refuge pourrait avoir un effet de réduction de la fréquence de la résistance aux toxines *Bt* dans la descendance des ravageurs cibles (TABASHNIK, 1995). Selon CUMMINS (2003), cette descendance sera toujours sensible aux toxines *Bt* produites par les plantes transgéniques.

Pour WU *et al.* (2002) l'efficacité d'une zone refuge est fonction de la proportion de la parcelle transgénique. Le nombre d'adultes qui pourraient survivre sur cette culture doit être

négligeable de sorte que les possibilités de croisement soient plus probables avec les insectes sensibles du refuge. L'EPA (Environmental Protection Agency) en charge de la réglementation aux USA, a fixé le minimum de plantes non Bt (plantes refuges) à 20 % du total de la surface cultivée (GOULD, 2000). Mais, l'introduction de la notion du refuge a abouti au fait que les agriculteurs doivent toujours effectuer des traitements insecticides sur ces zones refuges afin de réduire les dommages économiques encourus en absence de protection contre les déprédateurs des cultures (GOULD, 2000 ; CUMMINS, 2003).

1.4.4. Coton Bt en Afrique

En début d'introduction en Afrique, l'Afrique du Sud est actuellement le seul pays africain à adopter et à produire commercialement du coton transgénique Bt (GOUSE *et al.*, 2003). En Afrique de l'Ouest, la technologie est dans une phase expérimentale au Burkina Faso, ce qui laisse envisager son adoption. Il est donc important d'anticiper sur la résistance des ravageurs Lépidoptères du cotonnier à cette nouvelle technologie.

Il est judicieux de mettre au point une stratégie de gestion adaptée au contexte Ouest africain, car les systèmes de cultures diffèrent de ceux des Etats-Unis d'Amérique ou de l'Australie. On applique dans ces pays, la stratégie de la zone refuge selon les règles de L'EPA or, dans nos contrées :

- Les superficies des champs de coton sont nettement plus faibles ;
- Le coût prohibitif des pulvérisations insecticides n'est pas de nature à favoriser la co-existence des deux systèmes chez le même exploitant ;
- Les exploitations sont emblavées avec une diversité de cultures parmi lesquelles on retrouve des hôtes de *H. armigera* ;
- Certaines adventices, hôtes de *H. armigera*, poussent également dans les exploitations agricoles et autour des champs.

Une prospection sur les autres cultures et adventistes hôtes de *H. armigera* devrait permettre de dégager des pistes pour proposer des refuges adaptés au contexte Ouest africain. L'objectif de cette étude est donc de déterminer la contribution de ces cultures et adventices hôtes de *H. armigera*, dans la réduction de l'exposition du ravageur aux toxines Bt et dans le maintien d'un pool d'individus sensibles suffisant pour réduire les probabilités d'accouplement entre individus résistants.

CHAPITRE II. : MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Site

Les expérimentations ont été menées durant la campagne hivernale 2005-2006 sur une parcelle de la station de Recherches Environnementales et Agricoles de Farako-Bâ, au Burkina Faso. Cette station est située à une altitude de 405 m, sur la longitude 40°20 Ouest et sur la latitude 11°06 Nord. Elle appartient au climat Sud soudanien. La pluviométrie annuelle se situe entre 800 mm et 1000 mm. Les sols de Farako-Bâ sont faiblement ferrallitiques avec une faible teneur en matière organique.

2.2. Matériel végétal et animal

Deux variétés de coton et trois autres cultures hôtes de *H. armigera* associées à la culture cotonnière (OUATTARA *et al.*, 1977 ; NIBOUCHE, 1994) ont été comparées dans cette étude. Il s'agit de :

- la variété de coton vulgarisée au Burkina Faso, le coton FK37 ;
- la variété de coton génétiquement modifié, le coton Bollgard II (BGII) ;
- une variété locale de gombo ;
- la variété de maïs SR22 ;
- une variété locale de sorgho à panicule ouverte. Ce type de sorgho est traditionnellement le plus cultivé au Burkina Faso (NIBOUCHE, 1994).

Le gombo, le maïs et le sorgho ne produisant pas de toxines *Bt*, ont été utilisés comme cultures refuges. Le coton non transgénique FK37 a servi de référence au contrôle de *H. armigera* par les toxines *Bt* du coton transgénique BGII.

Les œufs pondus par les femelles sur les cultures ainsi que les populations larvaires du lépidoptère carpophage *H. armigera* (issue des champs de la zone de Farako-Bâ), ont été le matériel animal de l'étude.

2.3. Dispositif expérimental

L'étude a été conduite selon un dispositif factoriel à deux facteurs et quatre répétitions (Figure 1) :

- Le premier facteur correspond au type de culture non transgénique utilisée comme refuge. Il comprend trois modalités : le sorgho, gombo et le maïs.
- Le second facteur correspond à la nature de la variété de coton : coton transgénique (coton BGII) ou coton non transgénique (coton FK37).

Gombo+FK37	Sorgho+BGII	Sorgho+FK37	Gombo+BG II
Maïs + FK37	Gombo+FK37	Gombo+FK37	Sorgho+FK37
Gombo+BG II	Maïs + FK37	Maïs + BG II	Gombo+FK37
Maïs + BG II	Sorgho+FK37	Gombo+BG II	Sorgho+BGII
Sorgho+FK37	Maïs + BG II	Sorgho+BG	Maïs + BG II
Sorgho+BGII	Gombo+BG II	Maïs + FK37	Maïs + FK37

Figure 1 : Dispositif expérimental de l'étude sur le rôle des plantes hôtes dans le maintien de la sensibilité de *H. armigera* aux toxines du coton *Bt* au Burkina Faso, en 2005

La parcelle élémentaire (PE) est composée d'une parcelle centrale de sept lignes de cinq mètres de coton (FK37 ou BGII) et d'une ceinture de trois mètres de large ensemencée avec une des trois cultures refuges (gombo, sorgho ou maïs). Les lignes sont espacées de 0,8 m et les poquets de 0,4 m (Figure 2).

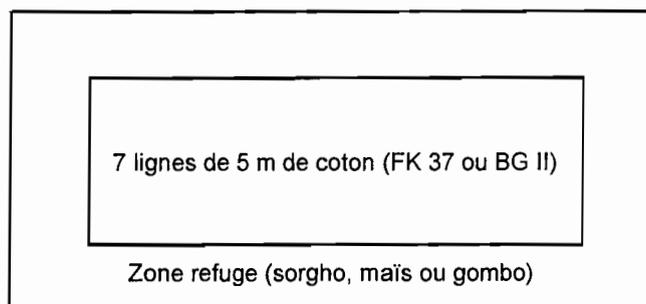


Figure 2 : Parcelle élémentaire de l'étude sur le rôle des plantes hôtes dans le maintien de la sensibilité de *H. armigera* aux toxines du coton *Bt* au Burkina Faso, en 2005

2.4. Paramètres étudiés

Pour connaître le potentiel des cultures étudiées dans la réduction de l'exposition de *H. armigera* aux toxines *Bt* et dans la production d'individus sensibles suffisant pour réduire la les probabilités d'accouplement entre individus résistants, nous nous sommes intéressé aux paramètres suivants :

- les infestations de *Helicoverpa armigera* H. ;
- l'incidence du coton *Bt* sur l'intensité des infestations des cultures refuges ;
- la fluctuation des populations de *H. armigera* sur les plantes refuges

Pour ces paramètres, les observations ont été effectuées dès l'apparition des premières fleurs sur les cultures, aux environ de 45^{ème} jour après semis (jas). Un comptage hebdomadaire des œufs et ou des larves est effectué en fonction du paramètre étudié.

Une prospection a également été réalisée dans des villages, avec pour objectif de dresser une liste de plantes hôtes potentielles de *H. armigera* identifiées par les producteurs en marge de celles rapportées dans la littérature scientifique.

2.4.1. Méthode de suivi des infestations de *H. armigera*

Pour déterminer la préférence de *H. armigera* entre les cinq cultures dans nos conditions d'étude nous avons :

- identifié et dénombré par parcelle élémentaire (PE) les œufs et les larves présents sur les organes végétatifs et reproducteurs de cinq plantes choisies dans la parcelle centrale coton et cinq plantes choisies dans la parcelle refuge (constitué par le gombo, le sorgho ou le maïs) ;
- puis comparées les densités moyennes hebdomadaires des œufs et des larves entre les cultures.

2.4.2. Méthode de suivi de l'incidence du coton *Bt* sur l'intensité des infestations sur les cultures refuges

Le coton BGII, du fait de la production de l'endotoxine, est susceptible de modifier le niveau des pontes des femelles de *H. armigera* sur les autres cultures hôtes avec des conséquences possibles sur le niveau des dégâts des ravageurs. Pour vérifier cette hypothèse nous avons :

- identifié et dénombré par PE, les oeufs pondus sur les organes végétatifs et reproducteurs de cinq plantes choisies dans la parcelle refuge ;
- puis comparées le nombre moyens d'œufs observés sur une même culture refuge dans les deux cas suivants : cas où la culture refuge est à proximité du coton BGII (transgénique) et le cas où elle est à proximité du coton FK37 (non transgénique).

2.4.3. Méthode de suivi de la fluctuation des populations larvaires de *H. armigera* entre le coton transgénique et la culture refuge associée

L'efficacité d'une zone refuge étant fonction de la proportion de la parcelle transgénique, selon WU *et al.* (2002), nous avons suivi le nombre d'adultes qui pourraient survivre et émerger de cette parcelle comparativement à ceux émergeant de la parcelle refuge associé. Considérant le rapport superficie coton transgénique / culture refuge égale à un (1), nous avons procédé comme suit :

- identification et dénombrement sur les PE contenant du coton transgénique BGII, des larves de *H. armigera* présents sur les organes végétatifs et reproducteurs de cinq plantes choisies dans la parcelle centrale de coton et cinq plantes choisies dans la parcelle refuge qui lui est associé ;

- ensuite comparaison des densités moyennes hebdomadaires des larves entre le coton BGII (transgénique) et la culture refuge.

2.4.4. Méthode d'inventaire des plantes hôtes de *H. armigera* connues des producteurs

Une enquête a été réalisée au cours du premier trimestre 2006.

2.4.4.1. Outils de collecte des données

Les outils utilisés pour cette étude ont été des entretiens individuels, semi-structurés, avec un guide (annexe I) adressé aux producteurs. Le canevas a porté sur :

- les plantes sur lesquelles le ravageur du cotonnier *H. armigera* a été observé ;
- la distribution relative de ces plantes dans la localité

2.4.4.2. Échantillonnage

Les entretiens ont été réalisés avec un échantillon de quarante producteurs dans quatre villages de la zone cotonnière et six producteurs dans un village situé en zone de cultures maraîchères. Le choix de ces villages a été guidé par l'ancienneté de la zone en matière de culture cotonnière ou de pratique de la culture maraîchère. Le choix des producteurs est guidé par leur implication dans la culture cotonnière ou maraîchère.



Carte 2 : sites retenus pour l'inventaire des plantes hôtes de *H. armigera* connues des producteurs

2.4.5. Analyse des données

Les données collectées ont été préalablement transformées [$X = (x + 0,5)^{1/2}$], puis traitées à l'aide du logiciel XLSTAT 6.1.9. Le test de BONFERRONI a été utilisé pour la comparaison des moyennes, lorsque l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les traitements, avec un intervalle de confiance de 95 %. Les objets portant la même lettre alphabétique ne sont pas statistiquement différents.

Pour ce qui est des données de l'enquête, un premier traitement a permis de juger de la capacité du producteur à distinguer *H. armigera* des autres Lépidoptères ravageurs du cotonnier. Sur cette base, un tri a été effectué et seules sont considérées les données obtenues avec les producteurs qui identifient assez bien le ravageur et ses dégâts. Ces réponses sont ensuite classées en trois catégories de plantes hôtes et le nombre total de réponses par catégorie calculé. Les trois catégories sont : les cultures pluviales, les cultures maraîchères et les adventices. Pour chaque catégorie, nous avons calculé la fréquence des réponses par culture par rapport au nombre total de réponses enregistrées pour toutes les cultures de la catégorie.

CHAPITRE III. : RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

3.1. Infestation des cultures par *Helicoverpa armigera* H.

3.1.1. Oviposition sur les cultures

La figure 3 représente le niveau des pontes de *H. armigera* sur les fruits et les épis des cultures de coton, de gombo, de maïs et de sorgho. Avec une probabilité de 0,285, la comparaison du nombre moyen d'œufs de *H. armigera*, n'a pas révélé de différence statistique entre les cultures (Figure 3, annexe II). Néanmoins, la tendance des pontes semble plus favorable sur le gombo, suivi du coton BG II.

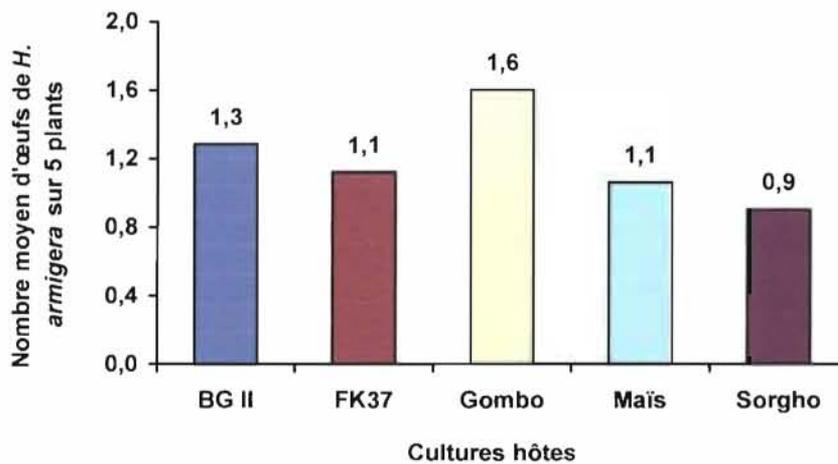


Figure 3 : Infestation des fruits et épis des cultures de coton, de gombo, de maïs et de sorgho par les œufs de *H. armigera* à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005 (Les chiffres au dessus des histogrammes représentent le nombre moyen d'œufs de *H. armigera* sur la culture)

L'analyse de variance réalisée sur la moyenne hebdomadaire des pontes de *H. armigera* a révélé des différences significatives entre les cinq cultures à 59, 73 et 80 jas, avec respectivement une probabilité de 0,001 ; 0,001 et < 0,0001 (Figure 4, annexe III).

A 59 jas, le coton BGII a accumulé statistiquement plus d'œufs que le sorgho et le gombo, mais est resté comparable au maïs et au coton FK37. A 73 et 80 jas, les œufs dénombrés sur le gombo sont statistiquement plus nombreux que ceux dénombrés sur les quatre autres cultures. Les pontes ont été plus précoces sur les cotonniers (BGII et FK37) et le maïs sur lesquelles les premiers pics de ponte sont enregistrés dès 66 jas, tandis que sur le sorgho et le gombo les pics se sont manifestés à 73 jas (Figure 4).

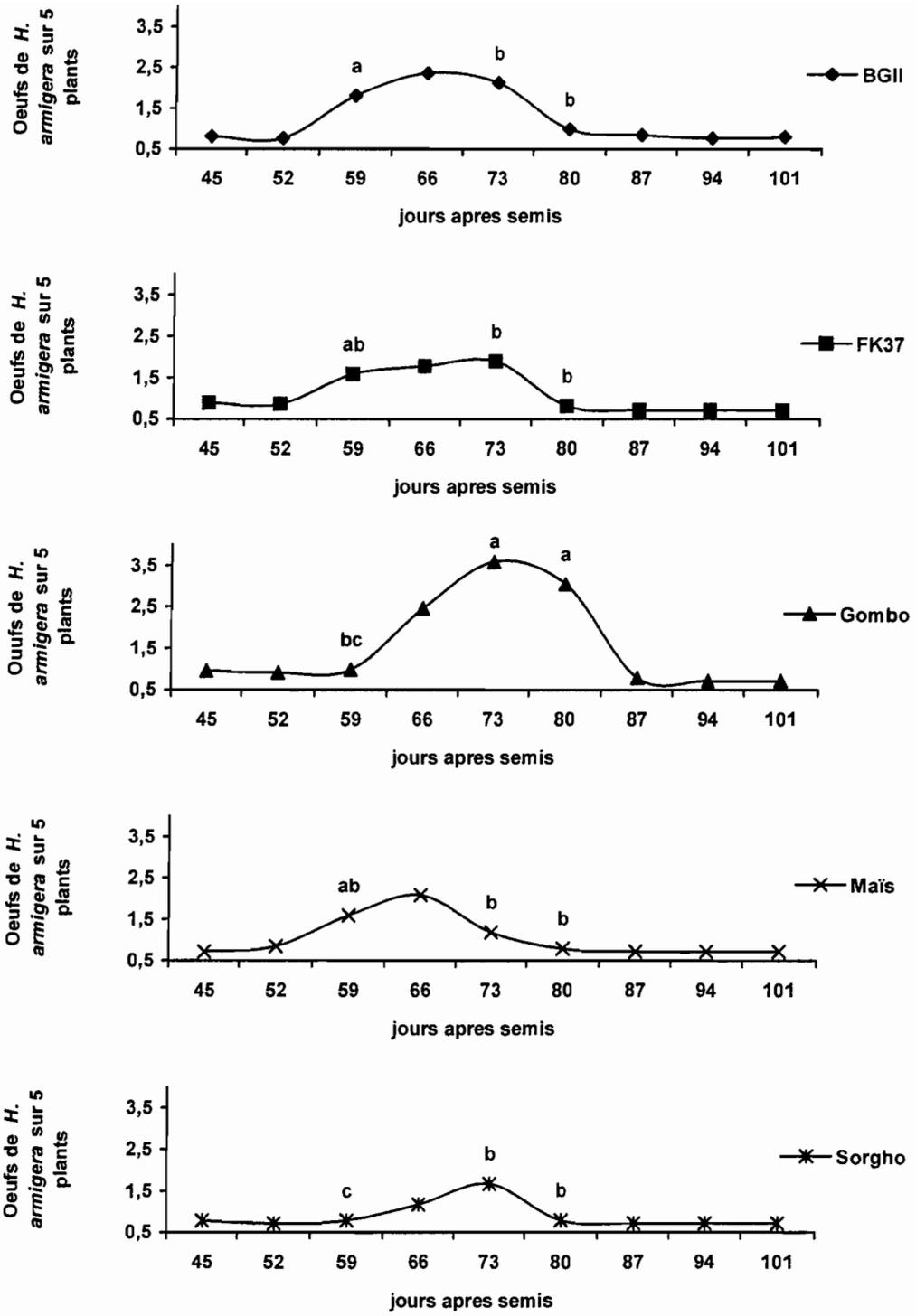


Figure 4 : Évolution des pontes de *H. armigera* sur les cultures de coton, de gombo, de maïs et de sorgho à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005 (A chaque date, les objets portant la même lettre alphabétique ne sont pas statistiquement différents)

3.1.2. Fluctuation des populations larvaires de *H. armigera*

Les résultats concernant l'infestation des boutons floraux, des fruits et des épis des cultures par les larves de *H. armigera* sont synthétisés sur la figure 5. L'analyse de ces résultats a indiqué une différence hautement significative entre les objets comparés avec une probabilité inférieure à 0,0001 (Annexe IV). Le gombo a hébergé statistiquement le plus grand nombre de larves de *H. armigera*, avec plus de deux larves sur cinq pieds. Il est suivi par le coton FK37 et le maïs (1,5 larves/5 plants). Le coton BGII et le sorgho ont enregistré le moins de larves (1 larve/5 plants).

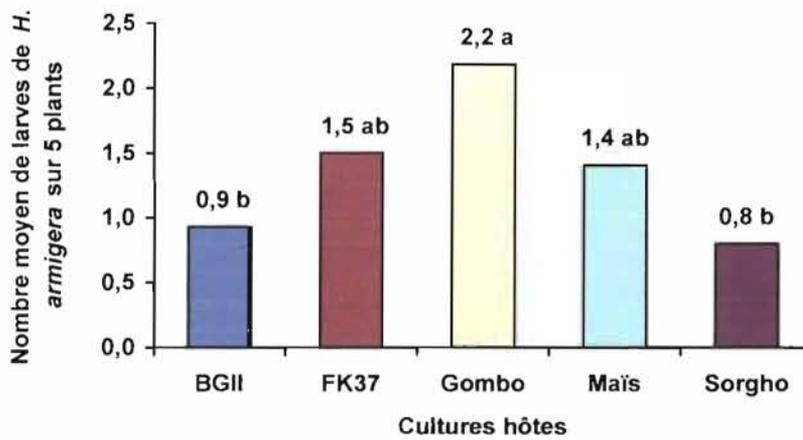


Figure 5 : Infestation des fruits et épis des cultures de coton, de gombo, de maïs et de sorgho par les larves de *H. armigera* à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005 (Les chiffres au dessus des histogrammes représentent le nombre moyen de larves de *H. armigera* sur la culture. Les objets portant la même lettre alphabétique ne sont pas statistiquement différents)

La figure 6 présente l'évolution des infestations larvaires de *H. armigera* au cours du cycle des cultures. L'analyse de variance (Annexe V) indique des différences significatives entre les cultures du 52^{ème} au 94^{ème} jas. Les larves dénombrées sur le gombo ont été statistiquement plus importantes que celles enregistrées sur le sorgho. De même, les larves de *H. armigera* observées sur le gombo ont été statistiquement supérieures en nombre à celles qui s'alimentaient sur le coton FK37 (à 66, 80 et 87 jas), sur le coton BGII (du 52^{ème} au 87^{ème} jas) et sur le maïs (à 52, 80 et 87 jas).

Il ressort de l'analyse de la figure 6 que les infestations larvaires ont été respectivement plus précoces sur le gombo, le maïs et le coton FK37. Trois pics larvaires se manifestent à 59, 75 et 95 jas sur le coton FK37, deux pics sur le gombo à 66 et 80 jas et un seul pic sur le maïs (70 jas), le coton BGII (66 jas) et le sorgho (80 jas).

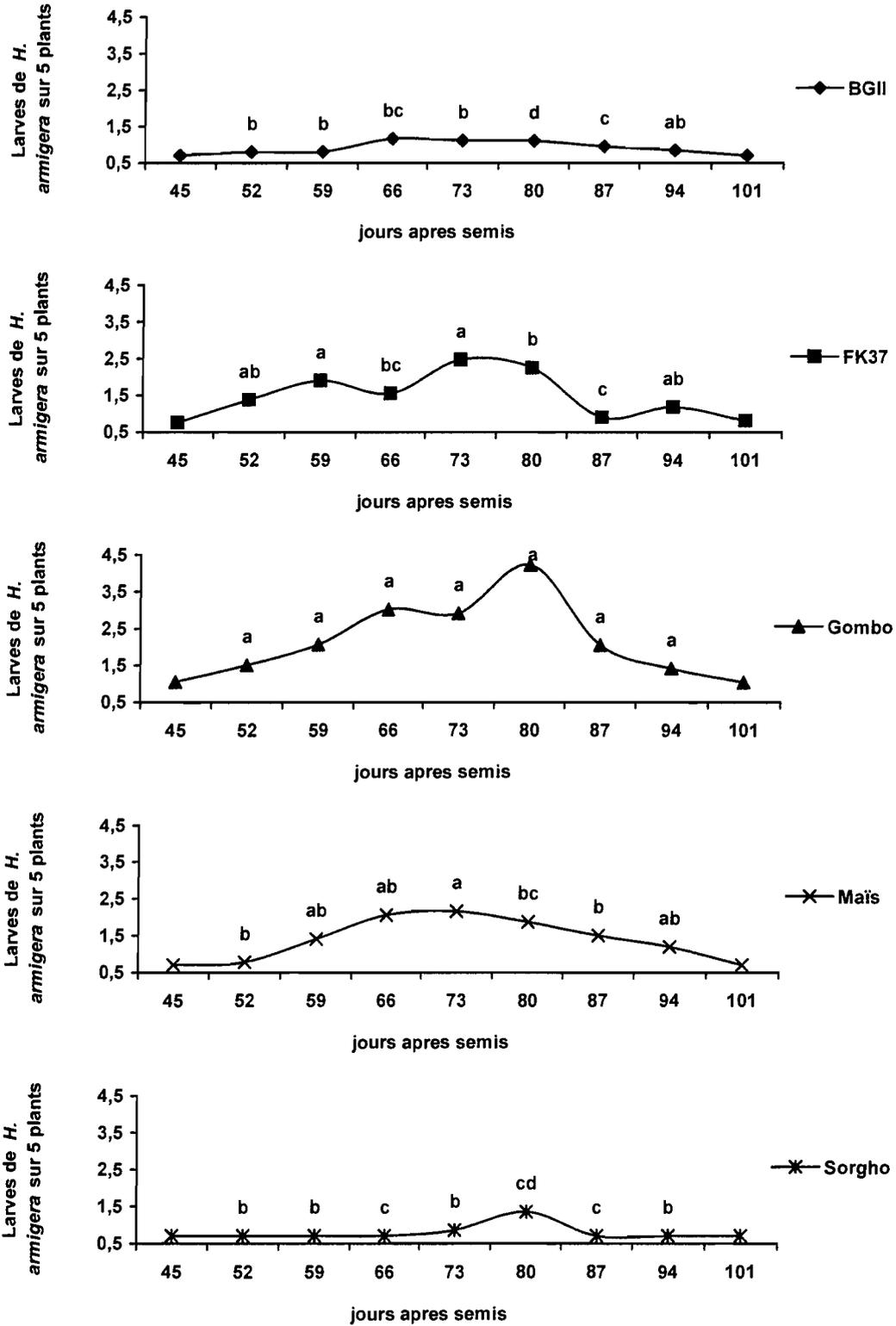


Figure 6 : Fluctuation des populations larvaires de *H. armigera* sur les cultures de coton, de gombo, de maïs et de sorgho à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005 (A chaque date, les objets portant la même lettre alphabétique ne sont pas statistiquement différents)

3.1.3. Discussion et conclusion partielles

La préférence du gombo suivi du coton FK37 pour l'oviposition et le développement larvaire de *Helicoverpa armigera* pourrait s'expliquer par la durée de la phase de floraison de ces cultures par rapport au maïs et au sorgho. En effet selon PARSONS et ULLYET (1934), cités par NIBOUCHE (1994) et GORE *et al.* (2003), il existe une relation étroite entre l'intensité des infestations et la floraison de la plante hôte. Le gombo et le cotonnier, plantes appartenant à la même famille botanique, ayant une phase florale nettement plus longue que celle du maïs et du sorgho ont permis aux adultes et aux larves de *H. armigera* d'y trouver des conditions favorables à leur développement (disponibilité de nectar, de boutons floraux et fruits). TSUYOSHI *et al.* (2003) ont dénombré plus d'oeufs sur le gombo que sur le coton, la tomate et le poivre. Notant que les durées des stades larvaires étaient relativement plus courtes sur les fruits de gombo et les capsules de coton, ils en déduisent que les organes de ces cultures sont appropriés pour un développement plus court du cycle biologique de *H. armigera*, et partant l'apparition de plus de générations.

Les faibles populations observées sur le coton BGII peut s'expliquer par l'effet des toxines *Bt* présentes dans les tissus de la culture et qui exercent un contrôle sur *H. armigera* dès les premiers stades larvaires.

Le caractère panicule lâche de la variété de sorgho utilisée dans cette étude, explique probablement les faibles infestations observées sur la culture. En effet, les études de TEETES *et al.* 1992 (cité par TILLMAN et MULLINIX, 2004) ont montré que les variétés de sorgho à panicule compacte étaient plus infestées par *H. armigera* que les variétés de sorgho à panicule lâche. Les travaux de TILLMAN et MULLINIX (2004) ont même montré que le sorgho à panicule compacte était par ailleurs plus infestées par *H. armigera* que le coton.

3.2. Influence des plantes refuges sur la dilution des gènes de résistance aux delta-endotoxines

3.2.1. Incidence du coton *Bt* sur l'intensité des infestations des cultures refuges

Dans nos conditions d'étude, nous n'avons pas observé de différence significative d'oviposition de *H. armigera* sur la culture refuge gombo dans le cas où elle est à proximité du coton BGII et le cas où elle est à proximité du coton FK37. La même tendance a été observée sur la culture refuge maïs et sur la culture refuge sorgho (Figure 7, Annexe VI).

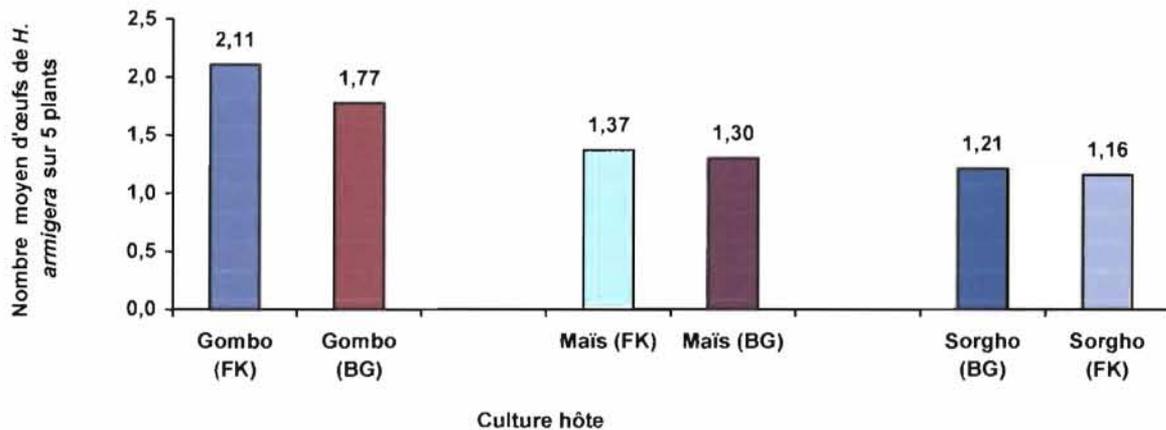


Figure 7 : Impact du coton *Bt* sur l'oviposition de *H. armigera* sur la plante refuge à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005
(Les chiffres au dessus des histogrammes représentent le nombre moyen de larves de *H. armigera* sur la culture)

3.2.2. Fluctuation du niveau de populations larvaires de *H. armigera* entre le coton transgénique et la culture refuge associée

La figures 8 et l'annexe VII présentent l'évolution des niveaux d'infestation larvaire du coton BGII et de la culture refuge associée. L'analyse indique que le nombre d'adultes de *H. armigera* qui pourraient survivre et émerger de la parcelle de coton transgénique BGII est statistiquement inférieur à celui observé sur la parcelle refuge gombo, du début jusqu'à la fin de l'expérimentation (Figure 8A). Les mêmes tendances ont été observées avec le maïs après le 52^{ème} jas (Figure 8B).

Par contre entre la parcelle de coton transgénique BGII et la parcelle refuge sorgho, les infestations larvaires n'ont pas révélé de différence significative. Cependant, entre le 59^{ème} et le 73^{ème} jas, le niveau des infestations larvaires sur le coton transgénique BGII se situe numériquement au dessus de celui du sorgho (Figure 8C).

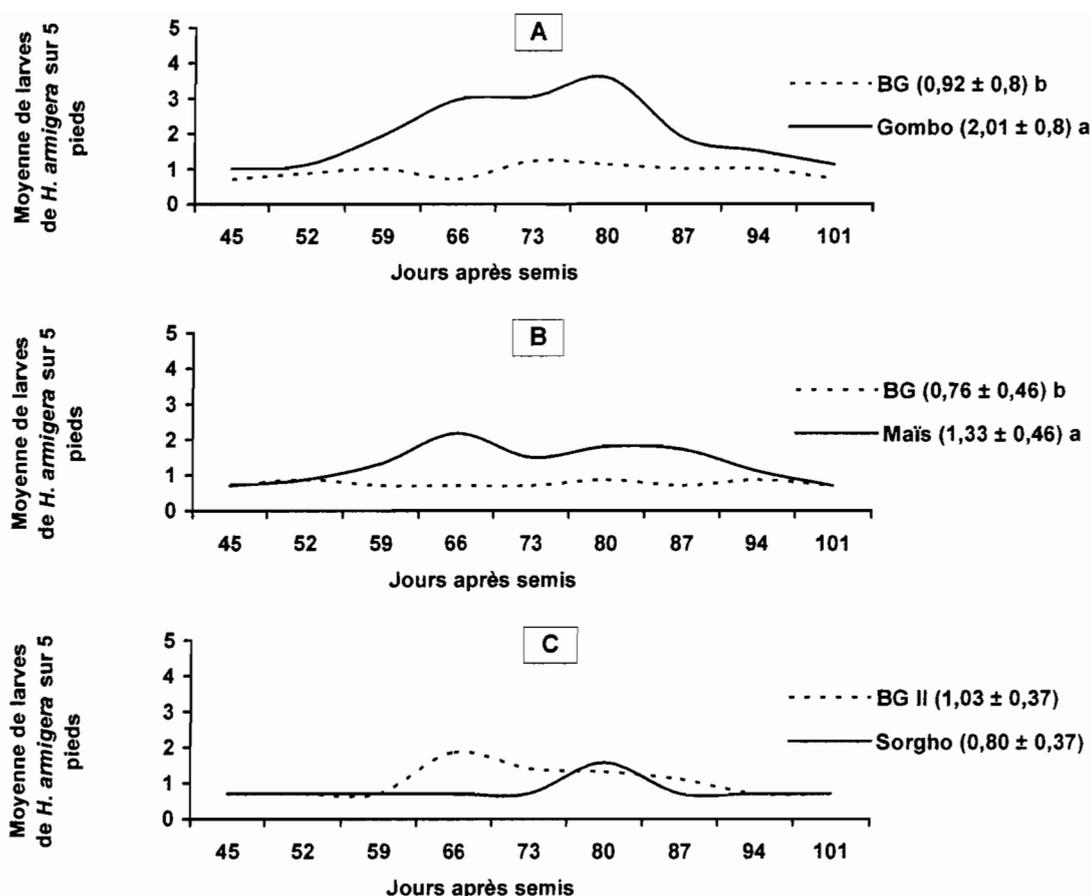


Figure 8 : Fluctuation comparée des populations larvaires de *H. armigera* entre le coton BGII et les cultures refuges (A = BG II/gombo ; B = BG II/Maïs ; C = BG II/Sorgho) à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005 (Les objets portant la même lettre alphabétique ne sont pas statiquement différents)

3.2.3. Discussion et conclusion partielles

La proximité du coton transgénique BGII n'a pas modifié le niveau des pontes de *H. armigera* sur le gombo, le sorgho et le maïs ce qui montre que le coton transgénique n'a pas un effet répulsif sur les femelles. En d'autres termes, l'introduction du coton transgénique *Bt* ne modifie pas le comportement du ravageur en particulier le choix des plantes hôtes pour l'oviposition. Ainsi, la productivité de ces cultures hôtes alternatives ne risque pas d'être affectée, du fait d'une infestation larvaire supplémentaire (due à une augmentation des pontes) induite par une répulsion des femelles de *H. armigera* par les toxines du coton BGII.

Le gombo et le maïs, hébergeant un nombre appréciable de larves de *H. armigera* par rapport au coton BGII, présentent les meilleurs potentiels en tant que cultures refuges pour réduire l'exposition du ravageur aux toxines *Bt*. Ces cultures pourraient servir de réservoir d'insectes sensibles nécessaires à la réduction des probabilités d'accouplement entre insectes résistants et donc à la dilution du gène de résistance à la toxine *Bt*. Cependant, les résultats auxquels

nous sommes parvenus supposent un rapport superficie coton BGII/culture refuge égale à un. Selon AMBEC (2004), l'efficacité de la zone refuge est fonction de sa taille. Une zone refuge de taille comprise entre 4 et 45 %, préserve un tant soit peu la sensibilité aux toxines *Bt*. En dessous, elle est trop faible pour limiter le développement de la résistance.

Le gombo offrant des conditions favorables de reproduction à *H. armigera* demeure le meilleur refuge. Il est néanmoins cultivé sur de très petites surfaces, aux abords des cases et souvent dans les dépotoirs (SAWADOGO *et al.*, 2006). En zone cotonnière, les pieds de gombo sont généralement dispersés dans les champs de coton. Par contre, les cultures de maïs et de sorgho, base de l'alimentation locale mais cultures refuges de moindre qualité que le gombo, occupent des superficies supérieures à celle du coton. En 2002 dans la zone cotonnière du Burkina Faso, le sorgho a occupé 33,3 % des superficies totales cultivées, contre 26,8 % pour le coton et 20,73 % pour le maïs (LALBA et VOGNAN, 2004). Ainsi, la superficie totale occupée par le maïs et le sorgho est au moins égale au double de celle emblavée en coton.

Associées au coton, les trois cultures pourraient contribuer à la dilution du gène de la résistance de *H. armigera* aux toxines produites par le coton *Bt*.

3.3. Inventaire de plantes hôtes de *H. armigera* connues des producteurs

L'enquête entreprise auprès des producteurs a permis de répertorier, en dehors du cotonnier, sept cultures pluviales et huit cultures maraîchères sur lesquelles des larves de *H. armigera* ont été observées. Le maïs, suivi du sorgho puis de l'arachide semblent pour eux les cultures pluviales les plus infestées avec respectivement des fréquences de réponses de 43,3 %, 16,9 % et 13 % (Figure 9A).

Pour les cultures maraîchères, les plus infestées selon les producteurs sont le gombo, suivi de la tomate et de l'aubergine avec respectivement des fréquences de réponses de 26,4 %, 24,5 % et 20,8 % des réponses (Figure 9B).

Au moins huit adventices ont également été reconnues par les producteurs de chaque village enquêté (exception faite du village de Dogona) comme hôtes de *H. armigera* pendant les périodes favorables (Annexe VII), principalement pendant les périodes de floraison de ces plantes. En dehors de *Cleome viscosa* L., nous n'avons pas pu reconnaître par le nom local, les autres adventices citées.

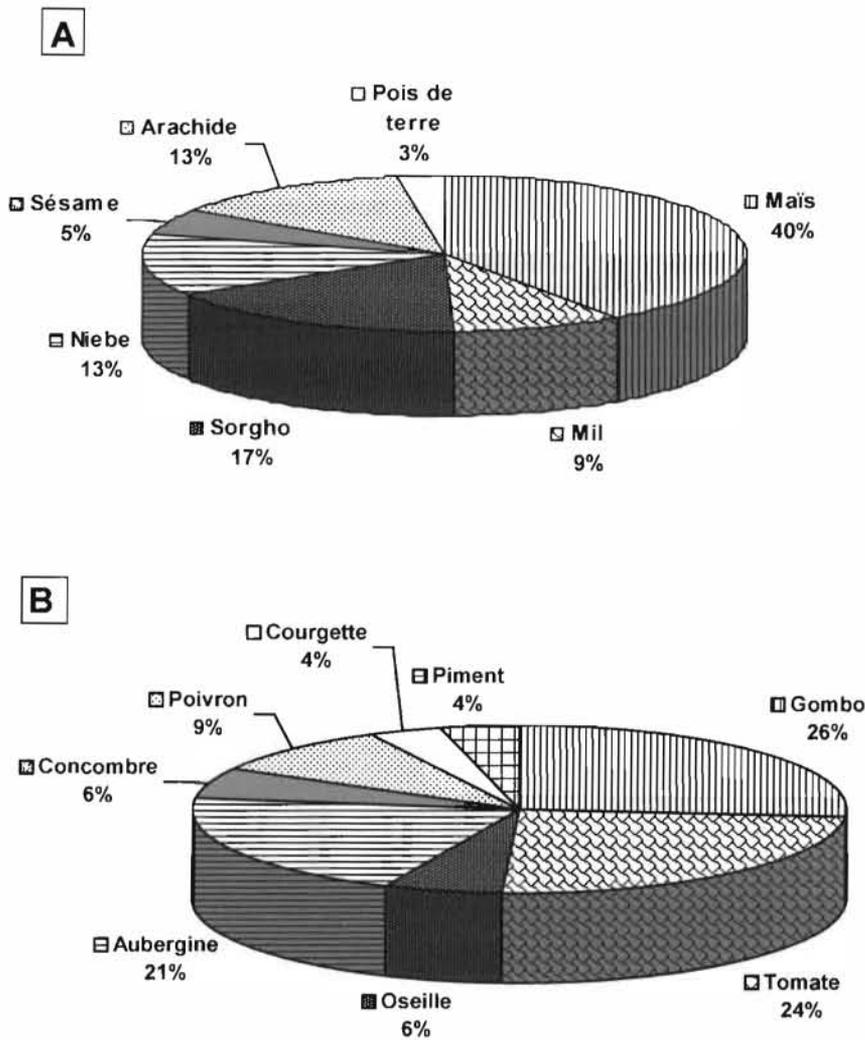


Figure 9 : Plantes cultivées et fréquence de citation (%) sur lesquelles les producteurs reconnaissent avoir observé des larves de *H. armigera* (A : cultures pluviales ; B : cultures maraîchères) au Burkina Faso, 2006

Les réponses reçues des producteurs semblent confirmer le caractère polyphage de *H. armigera*. Cependant ces résultats nécessitent des approfondissements car l'enquête a été réalisée en saison sèche. La plupart des plantes et adventices citées étant annuelles, nous n'avons pas pu vérifier de visu les informations recueillies. Néanmoins, des résultats obtenus par NIBOUCHE (1994) dans le village de Boni concordent avec certaines réponses des producteurs. Il s'agit notamment de la présence des larves sur le maïs, le niébé, l'arachide et *Cleome viscosa* L. Par contre, l'auteur n'avait pas rapporté d'attaques sur le sorgho.

CONCLUSION GÉNÉRALE ET PERSPECTIVES

La présente étude a mis en évidence une attractivité du gombo, du maïs et du sorgho sur *Helicoverpa armigera* H. Ces cultures sont souvent associées au coton dans le système de culture de la zone cotonnière. En tant que cultures refuges à *H. armigera*, le gombo, bien que cultivé sur de petites surfaces, autour des cases, a présenté les meilleurs potentiels pour réduire l'exposition du ravageur aux toxines *Bt* et pour favoriser le développement d'individus sensibles aux abords des champs de coton transgénique.

Il est suivi du maïs actuellement cultivé dans la zone cotonnière sur des superficies proportionnelles à celles du coton conventionnel. Cette culture non protégée chimiquement au Burkina Faso, supporte plus de populations larvaires de *H. armigera* que le coton transgénique dont les toxines les réduisent considérablement dès les premiers stades. Le maïs pourrait également servir de réservoir d'insectes sensibles pour la réduction des accouplements entre insectes résistants.

La variété de sorgho à panicule ouverte (type de sorgho fréquemment cultivé au Burkina Faso) utilisée dans notre étude héberge moins de larves de *H. armigera* que le coton non transgénique.

Ces trois cultures coexistant dans l'exploitation agricole à base de coton, cela offre une zone refuge plus importante à *H. armigera*. L'effet cumulé de ces cultures contribuera probablement à la réduction de l'exposition de *H. armigera* aux toxines du coton transgénique BGII.

La culture du coton transgénique *Bt* (BGII) n'a pas montré un effet répulsif sur les femelles de *H. armigera*. Il y a donc peu de risques que les dégâts sur les cultures refuges associées atteignent un niveau économiquement important du fait d'une infestation supplémentaire induite par la proximité d'un champ de coton transgénique BGII.

La prospection auprès des producteurs a permis de répertorier d'autres cultures et des adventices qui pourraient être des hôtes de *H. armigera*. Certaines d'entre elles ont été reconnues dans la littérature comme hôtes de l'insecte. Néanmoins, des études plus poussées sur les informations collectées auprès des producteurs permettront d'établir la contribution potentielle de ces plantes tout au long de l'année.

Dans l'optique du développement d'une stratégie adaptée aux zones agroécologiques du Burkina Faso pour la gestion de la résistance de *H. armigera* aux toxines *Bt*, il est nécessaire de poursuivre l'étude directement sur les exploitations des producteurs de la zone cotonnière.

Ainsi, à travers le suivi de la dynamique des populations de *H. armigera*, l'établissement d'un herbier et l'exploitation du logiciel "ADVENTROP", il sera possible d'identifier les plantes hôtes de l'insecte présentes dans les écosystèmes de la zone cotonnière (cultures pluviales, cultures maraîchères et adventices).

Parallèlement à cette étude de reconnaissance, l'intensité des échanges de populations de *H. armigera* entre les champs de coton et les autres plantes hôtes identifiées serait suivie et la répartition spatio-temporelle de chaque type de plantes hôtes évaluée. Une telle étude permettrait d'établir la contribution potentielle de chaque type de plantes hôtes dans la réduction de l'exposition du ravageur aux toxines *Bt* et des probabilités de croisement entre les individus résistants. Par ailleurs, il serait nécessaire de vérifier que des accouplements sont effectifs entre les populations issues du coton et celles issues des autres plantes hôtes.

À terme, les travaux dans ce sens permettraient de préciser le niveau d'efficacité des plantes hôtes de *H. armigera* associées à la culture cotonnière au Burkina Faso dans la gestion de la résistance du ravageur aux toxines *Bt*.

H. armigera est actuellement le principal lépidoptère ravageur en culture cotonnière dans notre pays. Cependant le spectre d'action des toxines du coton transgénique BGII s'étend sur d'autres lépidoptères non moins importants. La réflexion devrait donc s'étendre sur des lépidoptères, tels que *Diparopsis watersi* Rothschild, *Spodoptera littoralis* Boisduval et *Syllepte derogata* Fabricius qui peuvent aussi causer des dégâts importants en culture cotonnière.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AKHURST R. J., W. JAMES, L. J. BIRD, and C. E. BEARD, 2003.** Resistance to the Cry1Ac delta-endotoxin of *Bacillus thuringiensis* in the cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Econ. Entomol.* **96**, 1290-1299.
- AMBEC S., 2004.** Régulation des risques relatifs au développement de résistance chez les insectes (Résumé). INRA. Journée du Département Sciences sociales, agriculture et alimentation, espace et environnement (SAE2). Paris-15 décembre 2004. Pdf., 2p
- BORDAT D. et ARVANITAKIS L., 2004.** Arthropodes des cultures légumières d'Afrique de l'Ouest, Centrale, Mayotte et Réunion. CIRAD/ Montpellier, France, 291 p.
- BUES R. et BOUDINHON L.; 2003.** Résistance aux insecticides de *Helicoverpa armigera* H (Lépidoptère : Noctuidae) dans le sud de la France. Cahiers / Agricultures. **12** (3), 167-73.
- CUMMINS J., 2003 :** OGM : Pas d'apparition d'une résistance à *Bt* chez les insectes ? I.S.P.– e-mail : mailto:jcummins@uwo.ca 19 décembre 2003. : www.indsp.org/nobtresistance.php.
- DAKUO D., 2005.** Contribution de la SOFITEX à l'Atelier sur les Biotechnologies Modernes. Niamey -7 au 8 novembre 2001. Communication personnelle.
- DELATTRE R., 1973.** Parasites et maladies en culture cotonnière. Institut de recherche du coton et des textiles exotiques (IRCT). *Ed. Paris*, France, 146 p.
- DELORME R, 1985a.** La résistance des insectes aux insecticides I. *Phytoma - Défense des cultures*. 01/85, 39-41.
- DELORME R, 1985b.** La résistance des insectes aux insecticides II. *Phytoma - Défense des cultures*. 02/85, 45-48.
- FERRON P, DEGUINE JP and EKORONG J M, 2006.** Évolution de la protection phytosanitaire du cotonnier : un cas d'école. *Cahier de l'agriculture, janvier-février 2006*, **15** (1), 129-134.
- FRANCHE C et DUHOUX E, 2001.** La transgénèse végétale. Editions scientifiques et médicales Elsevier SAS. Collection *BioCampus*. 191 p.
- GLICK B. R. and PASTERNAK J. J., 1998.** Molecular Biotechnology: Principles and Applications of Recombinant DNA. 2nd Edition. *ASM Press*, 683 p.
- GORE J., LEONARD B. R. and JONES R. H., 2003.** Influence of Agronomic Hosts on the Susceptibility of *Helicoverpa zea* (Boddie) (Lepidoptera: Noctuidae) to Genetically Engineered and Non-Engineered Cottons. *Environmental Entomology*, **32**, 103-110.
- GOULD F., 2000.** Testing *Bt* refuge strategies in the field. *Nature Biotechnology*; *March 2000*, **18**, 266-267.
- GOUSE M, KIRSTEN J. F and JENKINS L, 2003.** *Bt* cotton in South Africa: adoption and the impact on farm incomes amongst small-scale and large-scale farmers1. *Agrekon, March 2003*, **42** (1).15-27

GREEN W.M., DE BILLOT M.C., JOFFE T., VAN STADEN L., BENNETT-NEL A., DU TOIT C. L. N. and VAN DER WESTHUIZEN L., 2003. Indigenous plants and weeds on the Makhathini Flats as refuge hosts to maintain bollworm population susceptibility to transgenic cotton (Bollgard™). *African Entomology*, **11** (1), 21-29.

HAN Z., WANG Y., ZHANG Q., LI X. and LI G., 1999. Dynamic of pyrethroid resistance in field population of *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidæ). *Pesticide Science*, **55**, 462-466.

HEMA S. A. O., 2004. *Contribution à la caractérisation biochimique de la résistance aux pyréthrinoïdes de Helicoverpa armigera H (Hübner, 1808) (Lepidoptera : Noctuidae) au Burkina Faso.* Diplôme d'Etude Approfondie (DEA). Université de Ouagadougou. 45 p.

HUSSEIN K, PERRET C. et L. HITIMANA, 2005. Importance économique et sociale du coton en Afrique de l'Ouest : Rôle du coton dans le développement, le commerce et les moyens d'existence. *Secrétariat du Club du Sahel et de l'Afrique de l'Ouest/OCDE*. 72p

INSTITUT NATIONAL DE LA CONSOMMATION (INC), 2003. «Eau précieuse, gaspillée et polluées» 60 millions de consommateurs. Hors séries découverte, **112**. Consommer durables, 32-37.

JAMES C., 2005. État mondial des plantes biotechnologiques/GM commercialisées : 2005. ISAAA Brief 34. *International Service for the Acquisition of Agri-Biotech Applications, Ithaca (2005)*. 12p

LALBA A. et VOGNAN G., 2004. Dynamique de l'intensification durable des systèmes de production mixtes coton céréales élevage dans l'Ouest du Burkina Faso. Rapport final de l'étude sur les Bonnes Pratiques Agricoles. INERA/FAO. 38p

LUSINCHI M., 2002. Dérivés chlorés dans l'environnement. www.planetecologie.org/ENCYCLOPEDIE/RubriqueMois/chloreEnvvt/pesticides.htm

MAFTAH A. et JULIEN R., 2003. Biologie moléculaire. 2^{ème} édition. *DUNOD*. 159 p.

MARTIN T., OCHOU G. O., HALA-N'KLO F., VASSAL J. M. and VASSAYRE M., 2000. Pyrethroid resistance in cotton bollworm, *Helicoverpa armigera* (Hübner) (Lepidoptera: Noctuidæ) in West Africa. *Pesticide Biochemistry and physiology*, **74**, 17-26.

Mc GAUGHEY W. H., 1985. Insect resistance to the biological insecticide *Bacillus thuringiensis*. *Science*, **229**, 193-195

NIBOUCHE S., 1994. *Cycle évolutif de Helicoverpa armigera H (Hübner, 1808) (Lepidoptera : Noctuidae) dans l'Ouest du Burkina Faso : Biologie, écologie et variation géographique des populations.* Thèses doctorat, Ecole Nationale Supérieure d'Agronomie de Montpellier, 161 p.

NIBOUCHE S., 1999. *Helicoverpa (=Heliothis) (Hübner, 1808) (Lepidoptera, Noctuidae, Heliothinae).* Série les déprédateurs du cotonnier en Afrique tropicale et dans le reste du monde, **12**, 1999, 49p.

OCHOU O. G., 2004. Historique de la résistance des insectes aux insecticides et situation actuelle en Afrique. Présentation personnelle. CNRA Côte d'Ivoire. Atelier GeRiCo-CFC/ICAC-014. Mécanismes et stratégies de gestion de la résistance des insectes d'intérêt agricole aux insecticides en Afrique et en Asie. Ouagadougou, 6-10 Décembre 2004.

OUATTARA S., JOLIVET P., VAN PARYS E., 1977. Seconde liste des insectes et plantes hôtes en Haute-Volta et dans les régions limitrophes. Projet de renforcement de la protection des végétaux en Haute-Volta. Docu. Ronéotypé, non publié.

PROGRAMME COTON, 2003. Résultats des Activités de Recherche. Campagne agricole 2003-2004 Rapport d'Activité.

PROGRAMME COTON, 2004. Résultats des Activités de Recherche. Campagne agricole 2004-2005. Rapport d'Activité.

RAVI K. C., MOHAN K. S., MANJUNATH T. M., HEAD G., PATIL B. V., D. P. ANGELINE GREBA, PREMALATHA K., PETER J. and RAO N.G.V., 2005. Relative Abundance of *H. armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) on Different Host Crops in India and the Role of These Crops as Natural Refuge for *Bacillus thuringiensis* Cotton. *Environ. Entomology*. (2005) **34** (1), 59-69.

ROUCHOUZE D, 2002. OGM et environnement : contexte et financement de la recherche sur les plantes transgéniques dans les universités du MIDWEST. Consulat Général de France -Chicago. Rapport (pdf) Mission pour la science et la technologie. Novembre 2002. 62 P

SAWADOGO M, ZOMBRE G. et BALMA D., 2006. Expression de différents écotypes de gombo (*Abelmoschus esculentus* L.) au déficit hydrique intervenant pendant la boutonnisation et la floraison. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* (2006) **10** (1); 43-54.

SHELTON A. M., TANG J. D., ROUSH R. T., METZ T. D. and EARLE E. D., 2000. Field-tests on managing resistance to Bt-engineered plants *Nature Biotechnology* **18**, 339-342.

SILVY C., 1995. Le Courrier de l'environnement 25, septembre 1995. INRA, unité de recherches en Lutte biologique. www.inra.fr/dpenv/silvyc25.htm.

TABASHNIK B, 1995. Delaying insect adaptation to transgenic plants: seed mixtures and refugia reconsidered. *The Royal Society*, **225**, 7-12.

TABASHNIK B, CARRIERE T, DENNEITY T, MORIN S, SISTERTON M, ROUSH R, SHELTON A AND ZHAO J., 2003. Insect resistance to transgenic BT crops: Lessons from the laboratory and field. *J Econ Entomol* (2003), **96**, 1031-8.

TILLMAN P. G. and MULLINIX B. G. JR., 2004. Grain Sorghum as a Trap Crop for Corn Earworm (Lepidoptera: Noctuidae) in Cotton. *Environmental Entomology*. **33** (5), 1371-1380.

TRAORE D., HEMA O. et ILBOUDO O., 1998. Entomologie et expérimentation phytosanitaire. *Rapport annuel de campagne agricole 1998-1999*, 120-179.

TSUYOSHI K., KENJI F. and TAKAHISA M., 2003. Egg Laying Preference, Larval Dispersion, and Cannibalism in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) *Annals of the Entomological Society of America* **96** (6), 793-798.

VASSAYRE M., 1996. Résistance des ravageurs du cotonnier aux pesticides. *Coton et Développement*, 17, 25-28.

VOGNAN G., 2006. *Influence des techniques de préparation du sol sur la physiologie et la productivité du cotonnier dans la zone cotonnière Ouest du Burkina Faso.* Mémoire de DEA, option physiologie végétale. UFR/SVT, Université de Ouagadougou. 42 p.

VOGNAN G., OUEDRAOGO M., et OUEDRAOGO S., 2002. Description de la filière cotonnière au Burkina Faso. *Rapport intermédiaire, INERA*, 34 p.

VOGNAN G., OUEDRAOGO M., et OUEDRAOGO S., 2003. Filière cotonnière du Burkina Faso : modes d'organisation et performance au regard des objectifs de développement. Rapport de synthèse nationale. mars 2003.

WU K., Y. GUO and S. GAO, 2002. Evaluation of natural refuge function for *H. armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) within *Bacillus thuringiensis* transgenic cotton growing areas in North China. *J. Economic. Entomology*, 832-837.

ANNEXES

Annexe I : Enquête qualitative sur la connaissance des producteurs de coton en matière de plantes hôtes secondaires de *H. armigera*

VillageProvinceDépartement

N° fiche.....

I. Connaissance paysanne des ravageurs du cotonnier						
Code	Description					Contrôle
CR1	Depuis quand pratiquez vous la culture du coton ?					
	Quels sont les ravageurs du cotonnier que vous connaissez ?					
	1.Helico ()	2.Syllep ()	3.Earias ()	4.Diparo ()	5.Spodo()	
CR2	Classez les ravageurs du cotonnier que vous connaissez en fonction de l'importance de leurs dégâts :					
	Helico ()	Syllep ()	Earias ()	Diparo ()	Spodo()	
CR3	Pouvez vous décrire les dégâts causés par <i>Helicoverpa armigera</i> sur le cotonnier ?					
	1 : Bonne		2 : Moyenne		3 : Mauvaise	
II. Connaissance paysanne des plantes hôtes de <i>H. armigera</i>						
2.1. Connaissance paysanne des plantes hôtes cultivées (PHC)						
PHC1	Avez vous rencontré <i>H. armigera</i> sur d'autres cultures ? Lesquelles ?					
	1 :	2 :	3 :	4 :	5 :	
	6 :	7 :	8 :	9 :	10 :	
PHC2	Sur quelles parties avez-vous rencontré <i>H. armigera</i> pour chacune des cultures que vous venez de citer ? (Tige = a ; Feuille = b ; Fruits = c ; Fleur = d)					
	1 :	2 :	3 :	4 :	5 :	
	6 :	7 :	8 :	9 :	10 :	
PHC3	Lesquelles de ces cultures vous semblent plus rependus dans la région (ordre d'importance) ?					
	1 :	2 :	3 :	4 :	5 :	
	6 :	7 :	8 :	9 :	10 :	
2.2. Connaissance paysanne des plantes hôtes mauvaises herbes (PHH)						
PHH1	Avez vous rencontré <i>H. armigera</i> sur des herbes ? Lesquelles (ordre d'importance) ?					
	1 :	2 :	3 :	4 :	5 :	
	6 :	7 :	8 :	9 :	10 :	
PHH2	Sur quelles parties avez-vous rencontré <i>H. armigera</i> pour chacune des herbes que vous venez de citer ? (Tige = a ; Feuille = b ; Fruits = c ; Fleur = d)					
	1 :	2 :	3 :	4 :	5 :	
	6 :	7 :	8 :	9 :	10 :	
PHH3	A quelle période de l'année poussent chacune d'elles ?					
	1 :	2 :	3 :	4 :	5 :	
	6 :	7 :	8 :	9 :	10 :	
PHH4	Lesquelles de ces herbes vous semblent plus rependues dans la région (ordre d'importance) ?					
	1 :	2 :	3 :	4 :	5 :	
	6 :	7 :	8 :	9 :	10 :	

Annexe II : Analyse de l'importance des pontes de *H. armigera* sur les fruits et les épis des cultures à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005

Nombre moyen d'œufs	
Moyenne	1,194
Ecart type	0,708
P	0,285
Signification	NS

Annexe III : Analyse hebdomadaire de l'importance des pontes de *H. armigera* sur les fruits et les épis des cultures à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005

	45 jas	52 jas	59 jas	66 jas	73 jas	80 jas	87 jas	94 jas	101 jas
Moyenne	0,831	0,815	1,345	1,965	2,088	1,278	0,748	0,017	0,726
Ecart type	0,251	0,172	0,477	0,730	0,981	0,960	0,130	0,046	0,083
P	0,683	0,503	0,001	0,064	0,001	<0,0001	0,552	0,438	0,438
Signification	NS	NS	HS	NS	HS	HS	NS	NS	NS

Annexe IV : Analyse des Infestation des fruits et épis des cultures par les larves de *H. armigera*

Nombre moyen de larves	
Moyenne	1,362
Ecart type	0,772
P	< 0,0001
Signification	HS

Annexe V : Analyse de la fluctuation des populations larvaires de *H. armigera* sur les cultures à Farako-Bâ (Burkina Faso), saison culturale 2005

	45 jas	52 jas	59 jas	66 jas	73 jas	80 jas	87 jas	94 jas	101 jas
Moyenne	0,787	1,035	1,380	1,702	1,901	2,159	1,224	1,072	0,794
Ecart type	0,223	0,433	0,631	0,938	0,866	1,169	0,539	0,362	0,237
P	0,098	0,003	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	0,017	0,214
Signification	NS	S	HS	HS	HS	HS	HS	S	NS

Annexe VI : Analyse de l'impact du coton BGII sur l'attractivité de la plante hôte

	Nombre d'œufs sur 5 pieds		
	Gombo	Maïs	Sorgho
Moyenne	1,939	1,333	1,181
Ecart-type	1,186	0,596	0,379
P	0,296	0,652	0,607
signification	NS	NS	NS

Annexe VII : Adventices hôtes potentielles répertoriées auprès des producteurs (noms locaux)

		Localités			
Adventices hôtes répertoriées auprès des producteurs	Sidéradougou	Daboura	Boni	Bagassi	Dogona
	Bigbè	Bourèbourè	Akè yinpoin*	Kinginnon hou	Gayaki
	Konnon ni bii	Fôri	fouahii	laiberè kè	Sirayiri
	Kopa	Kankeliba	Namogon blé	Napouro	
	Lièbo	Kokohoo	Nbouroubâ	Némourou	Nousibon
	Nongongouan	Kongo yogoo	Ndôfiennegba	N'ninta	
	Non-von	Nanpourou	Nkinikan	Pourè	
	Sanbii	Tchongo bii	Noukogonou	Soukadgè	
	Sandjibii	Vanni	Toya hon	Tog naga	
	Sanmanbinnin		Wiwi		
	Térébari				
	Trébari				
	Waga				

* *Cleome viscosa*