

N° d'ordre :

MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS
SECONDAIRE ET SUPERIEUR

UNIVERSITE POLYTECHNIQUE DE
BOBO-DIOULASSO

ECOLE DOCTORALE
SCIENCES NATURELLES ET
AGRONOMIQUES



MINISTERE DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET DE L'INNOVATION

INSTITUT DE RECHERCHE EN
SCIENCES DE LA SANTE

DIRECTION REGIONALE DE
L'OUEST-BOBO-DIOULASSO



MEMOIRE

Présenté par

BAYILI Bazoma

(Ingénieur du Développement Rural : Option Eaux et Forêts)

Thème

Risques environnementaux liés à l'utilisation des pesticides dans deux agro-écosystèmes à base de coton conventionnel et de coton biologique à Komplan 2 dans la commune de Dano au Burkina Faso

Pour l'obtention du

Diplôme de Master II de recherche

Option : Biologie Appliquée et Modélisation des Systèmes Biologiques (BA-MSB)

Soutenu publiquement le 09 Mai 2014

Jury :

Président : Pr. Georges A. OUEDRAOGO IDR, Université Polytechnique de Bobo

Membres : Dr Adama M. TOE IRSS/DRO

Dr Aimé Omer S. HEMA Programme Coton, INERA

Directeur de mémoire : Dr Adama M. TOE

DEDICACES

- A la mémoire de mon regretté père pour m'avoir permis d'aller à l'école et qui nourrissait de grandes ambitions pour moi.
- A ma mère pour toutes ses prières, son amour manifesté et sa patience.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	i
TABLE DES MATIERES	ii
REMERCIEMENTS	v
RESUME.....	vi
ABSTRACT	vii
SIGLES ET ABREVIATIONS	viii
LISTE DES FIGURES.....	x
LISTE DES TABLEAUX.....	x
LISTE DES ANNEXES.....	xi
INTRODUCTION.....	1
PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	4
CHAPITRE I : CULTURE DU COTONNIER.....	4
I. Mode de culture du cotonnier	4
1.1. Culture du coton conventionnel.....	4
1.2. Culture du coton biologique	4
II. Gestion des ravageurs du cotonnier	6
2.1. Connaissance des ennemis du cotonnier	6
2.2. Méthodes de lutte contre les ennemis du cotonnier.....	6
2.2.1. Lutte biologique	6
2.2.2. Lutte agronomique	6
2.2.3. Utilisation des pesticides naturels.....	7
2.2.4. Utilisation des pesticides chimiques de synthèse.....	7
2.2.5. Lutte intégrée	9
2.2.6. Gestion intégrée de la production et des déprédateurs (GIPD).....	9
CHAPITRE II : LES PESTICIDES UTILISES EN AGRICULTURE	10
I. Généralités sur les produits phytosanitaires.....	10
1.1. Définition.....	10
1.2. Classification des pesticides à usage agricole	10
1.2.1. Classification selon la cible	10
1.2.2. Classification selon la famille chimique	11
II. Risques environnementaux liés aux pesticides.....	11

2.1. Notion de risque.....	11
2.2. Devenir et comportement des pesticides dans l'environnement	11
2.2.1. Dans le sol.....	12
2.2.2. Dans l'eau	12
2.2.3. Dans l'air	13
2.3. Risques des pesticides sur les organismes non-cibles	13
2.4. Estimation des risques environnementaux des pesticides	14
2.4.1. Estimation des risques suivant les propriétés physico-chimiques des pesticides ...	14
2.4.2. Utilisation des modèles numériques	14
DEUXIEME PARTIE : ETUDE REALISEE	15
CHAPITRE III. MATERIELS ET METHODES	15
I. Site de l'étude	15
II. Matériels	17
2.1. Enquêtes sur les pratiques agricoles	17
2.2. Prélèvements d'échantillons de sol et eau.....	17
2.3. Analyses de résidus de pesticides au laboratoire.....	17
2.4. Utilisation d'un modèle pour l'évaluation des risques de contamination des eaux de surface par les pesticides chimiques.....	18
III. Méthodes	18
3.1. Enquêtes sur les pratiques agricoles	18
3.2. Analyses de résidus de pesticides au laboratoire.....	18
3.2.1. Référence des méthodes.....	18
3.2.2 Prélèvement et traitement des échantillons.....	19
3.2.2.1. Echantillons d'eau.....	19
3.2.2.2. Echantillons de sol	19
3.2.3. Extraction des pesticides chimiques dans l'eau.....	20
3.2.4. Extraction des pesticides chimiques dans les sols	21
3.2.4.1. Insecticides : pyréthri-noïdes de synthèse, organochlorés et organophosphorés	21
3.2.4.2. Herbicide : diuron.....	22
3.2.4.3. Herbicide : glyphosate.....	22
3.2.5. Dosage de résidus de pesticides dans les sols et l'eau	23
3.3. Utilisation du modèle PIRI pour l'évaluation des risques de contamination des eaux de surface par les pesticides chimiques.....	23

CHAPITRE IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	26
I. Résultats.....	26
1.1. Enquêtes sur les pratiques agricoles	26
1.1.1. Identité des produits utilisés à Komplan 2 en culture cotonnière	26
1.1.1.1. Coton conventionnel	26
1.1.1.2. Coton biologique	26
1.1.2. Niveau d’instruction des producteurs	27
1.1.3. Mode d'utilisation des pesticides	27
1.1.4. Nature et usage des points d'eau	29
1.1.5. Constats et perception des producteurs sur les risques environnementaux des pesticides.....	29
1.2. Dosage des résidus de pesticides	29
1.3. Résultats de l’utilisation du modèle PIRI pour l’évaluation des risques de contamination des eaux de surface par les pesticides chimiques	30
II. Discussions	32
2.1. Enquêtes sur les pratiques agricoles	32
2.2. Dosage des résidus de pesticides chimiques.....	33
2.2.1. Dosage des résidus de pesticides dans les sols	34
2.2.2. Dosage des résidus de pesticides dans les échantillons d’eau de surface	34
2.3. Utilisation du modèle PIRI pour l’évaluation des risques de contamination des eaux de surface par les pesticides	35
2.4. Discussion globale	37
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	38
REFERENCES.....	40
ANNEXES	I

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, je tiens à rendre grâce à mon seigneur **JESUS CHRIST** pour la vie et la foi qu'Il me donne chaque jour. A Lui soit la gloire et le règne aux siècles des siècles, Amen !

Ce travail a été réalisé avec l'appui du Projet « *Centre de Recherches pour le Développement International / Partenariats de Recherche Intégrée pour la lutte contre le Paludisme en Afrique* » (CRDI/PRIPA) et le concours de plusieurs personnes auxquelles j'exprime ma profonde reconnaissance.

Je voudrais remercier le **Professeur Jean-Bosco OUEDRAOGO**, Directeur Régional de IRSS-Bobo pour m'avoir accueilli au sein de son institut.

Je remercie le **Professeur Georges Anicet OUEDRAOGO**, Président de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Responsable du Master de Biologie Appliquée et Modélisation des Systèmes Biologiques, qui a accepté de présider le jury de la soutenance.

Je dis vivement merci au **Docteur Adama Makoum TOE** pour son encadrement, sa disponibilité et ses conseils combien bénéfiques. Son soutien a été inestimable dans la réalisation de ce travail. Dieu le bénisse et le fortifie davantage !

Je suis très reconnaissant au **Professeur Roch K. DABIRE** pour son soutien énorme, ses enseignements et son accompagnement dans la réalisation des travaux de terrain.

Je remercie très profondément les **Docteurs Omer HEMA**, membre du jury et **Bazoumana KOULIBALY** du « *Programme coton-INERA* » ainsi que l'ensemble de l'équipe technique pour le soutien matériel et technique reçu lors des sorties de terrain.

Mes sincères remerciements à **Richard OUEDRAOGO**. Il a fait sien ce travail. Ma prière est que Dieu l'honore et lui accorde le centuple de ses bienfaits !

Je dis merci à tout le corps professoral de l'école doctorale, au personnel de l'IRSS-DRO pour la formation reçue durant ces moments d'apprentissage.

Mes remerciements vont également à tout le personnel du service des contaminants, de pesticides et des engrais du Laboratoire National de Santé Publique (LNSP), qui m'ont bien reçu lors des analyses de résidus de pesticides. Je pense particulièrement à Monsieur **Abdoulaye SAKO**, aux camarades **Hamidou BONKOUNGOU**, **Francis KONATE** et **Soumaïla KONATE**.

J'adresse mes sincères remerciements à Madame **Bintou BERTE** de « *AF-CHEM SOFACO* » pour ses conseils de « Tantie » et son soutien financier dans la réalisation de ce travail.

A ma famille, mes camarades étudiants, mes frères et amis, je dis infiniment merci.

Vous avez été nombreux à me soutenir et à m'encourager de plusieurs façons. Recevez l'expression de ma profonde gratitude. Que DIEU vous bénisse !

RESUME

L'étude des risques environnementaux liés à l'utilisation des pesticides dans deux agro-écosystèmes à base de coton conventionnel et de coton biologique à Komplan 2, est une étude descriptive. Elle a été faite aux moyens d'enquêtes sur les pratiques agricoles, de dosage de résidus de pesticides chimiques au laboratoire et d'utilisation de modèle pour évaluer les risques liés à l'utilisation des pesticides chimiques. Les enquêtes indiquent que les producteurs utilisent les pesticides chimiques et les biopesticides respectivement pour la production du coton conventionnel et du coton biologique. Cependant les programmes d'application et les bonnes pratiques liées notamment à la gestion des emballages et du matériel ne sont pas respectés par les producteurs (95 %). De même, des substances actives interdites comme le paraquat dichlorure sont utilisées en culture du coton conventionnel. Le faible niveau d'instruction (20 %) et le manque de formation des producteurs sont des facteurs qui accentuent ces mauvaises pratiques. Toute chose ayant donné lieu à la présence de résidus de diuron (29,03 ; 22,63 ; 105,50 mg/kg) dans 2 échantillons de sol de champ de coton conventionnel et 1 échantillon de sol de champ de coton biologique. Aussi, des résidus de lambda-cyhalothrine (0,0147 µg/L) et de deltaméthrine (1,49 µg/L) ont été détectés dans un échantillon d'eau de surface prélevé près d'un champ de coton conventionnel. L'utilisation du modèle « Pesticide Impact Rating Index » (PIRI) a montré que le lambda-cyhalothrine et la deltaméthrine présentaient des risques de contamination des eaux de surface mais à des niveaux très faibles. L'atrazine, un herbicide dont l'utilisation est prohibée par le Comité Sahélien des Pesticides (CSP) et pourtant toujours utilisé par les producteurs, présente le risque de contamination le plus élevé. L'analyse des risques de contamination par les biopesticides suivant leurs propriétés physicochimiques, indique que ceux-ci présentent des risques faibles de contamination de l'environnement car ils n'ont pas tendance à y persister. Il est donc nécessaire de promouvoir des pratiques recommandées de production de coton biologique qui semblent plus respectueuses de l'environnement par rapport à une production conventionnelle. Globalement, le risque de contamination est réduit avec une teneur en matières organiques du sol élevée et l'existence d'une zone tampon entre les parcelles et les cours d'eau.

Mots clés : Coton conventionnel, coton biologique, pesticides, risques, environnement.

ABSTRACT

The study of the risks due to pesticides use on the environment in two agro-ecosystems based on conventional cotton and organic one Komplan 2 is a transversal descriptive study. This study has been achieved through surveys on agricultural practices, the dosing of chemical pesticide residues in a laboratory and the use of model to assess the risks related to chemical pesticides. The surveys indicate that each group of farmers uses specific pesticides for the production of each type of cotton. However, implementation programs and best practices including the management of packaging and equipment were not respected by most producers (95 %). Similarly, active ingredients as paraquat dichloride which has been banned were used in conventional crops. The low level of education (20 %) and the lack of training of farmers have increased these malpractices. That gave rise to the presence of residues of diuron (29.03; 22.63; 105.50 mg/kg) in 2 soil samples from conventional cotton field on the one hand and 1 soil sample from organic cotton field on the other hand. Moreover residues of lambda-cyhalothrin (0.0147 µg/L) and deltamethrin (1.49 µg/L) were detected in a sample of surface water taken near a conventional cotton field. The using of the model “Pesticide Impact Rating Index” (PIRI) showed the risk of contamination of surface water by chemical pesticides. Thus lambda-cyhalothrin and deltamethrin pesticides pose risks of water contamination but at very low levels. Atrazine, an herbicide which use is prohibited by the Sahelian Pesticides Committee (SPC) and yet still used by producers presents the highest risk of contamination. The analysis of the contamination risk by pesticides used on organic cotton, according to their physicochemical property, indicates that they have low risk of environmental contamination. They don't tend to persist in the environment. It is therefore necessary to promote organic cotton recommended production practices that seem more environmentally friendly compared to conventional production. The risk of contamination is reduced with a high rate of organic matter and a buffer zone.

Keywords : Conventional cotton, organic cotton, pesticides, risks, environment.

SIGLES ET ABBREVIATIONS

AGRITOX	:	Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques
ATC	:	Agent Technique Coton
BPA	:	Bonnes Pratiques Agricoles
BPDB	:	Biopesticide Properties DataBase
BUNASOLS	:	Bureau National des Sols
CEE	:	Communauté Economique Européenne
CPG	:	Chromatographie en Phase Gazeuse
CRDI/PRIPA	:	Centre de Recherches pour le Développement International / Partenariats de Recherche Intégrée pour la lutte contre le Paludisme en Afrique
CSIRO	:	Commonwealth Scientific and Industrial Research Organization
DFG	:	Deutsche Forschungsgemeinschaft
DT₅₀	:	Dissipation Time 50 %
EC	:	Emulsifiable Concentrate
ECD	:	Electron Capture Detector
EPA	:	Environmental Protection Agency
EXAMS	:	Exposure Analysis Modeling System
FAO	:	Food and Agriculture Organization
FPD	:	Flame Photometric Detector
GENEEC	:	GENERIC Estimated Exposure Concentration
GPCB	:	Groupement de Producteurs de Coton Biologique
GPS	:	Global Positioning System
GUS	:	Groundwater Ubiquity Score
HPLC	:	High Performance Liquid Chromatography
IAU	:	Institut d'Aménagement et d'Urbanisme
INERA	:	Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
INRA	:	Institut National de Recherche Agronomique
IRSS-DRO	:	Institut de Recherche en Sciences de la Santé – Direction Régionale de l'Ouest
K_{oc}	:	Coefficient de partage avec le carbone organique
LNSP	:	Laboratoire National de Santé Publique
LOARC	:	Laboratoire Officiel d'Analyse et de Recherche Chimiques
MS	:	Mass Spectrometry
NPD	:	Nitrogen Phosphorus Detector
OCDE	:	Organisation de Coopération et de Développement Economique
OILB	:	Organisation Internationale de Lutte Biologique

pH	:	Potentiel Hydrogène
PIB	:	Produit Intérieur Brut
PIRI	:	Pesticide Impact Rating Index
PPDB	:	Pesticides Properties Data Base
SC	:	Suspension Concentrate
SL	:	Soluble Concentrate
SN-SOSUCO	:	Nouvelle Société Sucrière de la Comoé
SOFITEX	:	Société Burkinabè des Fibres et Textiles
SPE	:	Service Pesticide et Engrais
SR	:	Solution de Reprise
Sw	:	Solubilité dans l'eau
WG	:	Water Dispersible granules
WP	:	Wettable Powder

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Processus impliqués dans le devenir des pesticides dans le sol conditionnant leur disponibilité et, par conséquent, leur efficacité phytosanitaire ou la manifestation de leur caractère polluant (Barriuso et al., 1997).	12
Figure 2 : Province du Ioba dans le Sud-ouest du Burkina Faso	15
Figure 3 : Diagramme pluviométrique de la zone d'étude (période 2011, 2012 et 2013)	16
Figure 4 : Vue de l'équipement pour l'analyse des extraits : (A) CPG, (B) HPLC, (C) Extraits	17
Figure 5 : (A) Prélèvement d'échantillons de sol, (B) Prélèvement d'échantillons d'eau, (C) Relevé de coordonnées géographiques au GPS	20
Figure 6 : Quelques étapes du processus d'extraction/purification de résidus dans les eaux : (A) extraction, (B) vaporisation des solvants, (C) purification.	21
Figure 7 : Processus d'extraction de pesticide dans les sols : agitation A ; filtrage B ; purification C.....	23
Figure 8 : Répartition des producteurs enquêtés en fonction du niveau d'instruction	27
Figure 9 : Répartition des producteurs enquêtés en fonction du lieu de lavage du matériel de pulvérisation après les traitements.	28

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Opérations culturales du coton conventionnel et du coton biologique.....	5
Tableau II : Caractéristiques des sols à Komplan 2.....	16
Tableau III : Matériel utilisé pour le prélèvement d'échantillons de sol et eau	17
Tableau IV : Équipement de dosage correspondant aux familles chimiques ou molécules des résidus de pesticides recherchées.	23
Tableau V : Données métriques caractéristiques des rivières et des champs adjacents.....	25
Tableau VI : Pesticides chimiques recensés sur le terrain agricole à Komplan 2.....	26
Tableau VII : Produits de traitement du coton biologique recensés à Komplan 2	27
Tableau XIII : Répartition des producteurs en fonction du mode de gestion des emballages après les traitements.	28
Tableau IX : Répartition des producteurs selon la période des traitements.....	28
Tableau X : Teneur des sols en résidus de pesticides utilisés sur le coton à Komplan 2.....	29
Tableau XI : Autres molécules de pesticides identifiées dans certains échantillons de sol....	30
Tableau XII : Teneur des eaux en résidus de pesticides utilisés sur coton à Komplan 2.	30

Tableau XIII : Classement des pesticides utilisés sur le coton conventionnel selon le risque de contamination des eaux de la rivière Kpélé à Komplan 2 31

Tableau XIV : Classement des pesticides utilisés sur le coton conventionnel selon le risque de contamination des eaux de la rivière Vokpatara à Komplan 2 31

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Critères de classification des pesticides selon la solubilité, le K_{OC} et la DT_{50} I

Annexe 2 : Paramètres physico-chimiques, toxicologiques et environnementales des substances actives des produits utilisés à Komplan 2 II

Annexe 3 : Matériel de dosage des échantillons au laboratoire..... III

Annexe 4 : Equipement de dosage des résidus de pesticides au LNSP VI

Annexe 5 : Codes des échantillons et coordonnées géographiques des sites de prélèvements des échantillons VII

Annexe 6 : Résultats du logiciel PIRI pour les risques de contamination des eaux de surface à Komplan 2 selon la mobilité IX

Annexe 7 : Questionnaire utilisé lors des enquêtes sur les pratiques agricoles à Komplan 2. . X

Annexe 8 : Résultats complets des dosages de résidus de pesticides chimiques au LNSP ... XV

INTRODUCTION

La production du coton contribue à plus de 60 % au Produit Intérieur Brut (PIB) des pays africains (N'Djafa *et al.*, 2010). Les recettes à l'exportation réalisées par la région du sahel grâce au coton s'élèvent à environ 1,5 milliards de dollars US par année (Peltzer, 2005). Au Burkina Faso, le coton est l'une des principales sources de revenus pour 30 % de la population. Il représente en moyenne 65 % des revenus monétaires des ménages et contribue à environ 4 % au PIB du pays (MECV, 2011).

Cependant, cette culture est confrontée aux fortes attaques des déprédateurs. Deux groupes de ravageurs, principalement les carpophages et les phyllophages, provoquent des dégâts considérables (s'attaquent aux capsules et aux fleurs, aux feuilles et aux bourgeons) dans les champs de cotonniers. En l'absence de traitements insecticides en culture de coton conventionnel, la pression de ces déprédateurs entraîne des pertes de rendement qui peuvent atteindre 70 % (Traoré, 2008). La production cotonnière dépend alors fortement des traitements avec les insecticides pour réduire les effets néfastes de ces ravageurs.

Au Burkina Faso, on estimait l'utilisation des pesticides chimiques à environ 2533 tonnes de produits formulés avec une valeur sur le marché de 12,665 milliards de FCFA en 1997, et ce, uniquement sur les cultures de coton, de canne à sucre et par les services de protection des végétaux (Van Der Valk et Diarra, 2000). Dans l'étude pilote sur les intoxications liées aux pesticides chimiques agricoles au Burkina Faso, 153 produits phytosanitaires ont été recensés et 56 substances actives ont été identifiés (Toé *et al.*, 2013). Les pesticides utilisés sont principalement les herbicides pour lutter contre les adventices et les insecticides pour lutter contre les ravageurs.

Bien qu'utiles pour détruire les ennemis du cotonnier, les pesticides chimiques représentent pourtant de réels dangers et ce, à trois (3) niveaux :

- Toxicité pour les utilisateurs en milieu agricole et les travailleurs de l'industrie phytosanitaire (Toé *et al.*, 2002 ; Toé *et al.*, 2000) ;
- Toxicité pour le consommateur, liée à la présence de résidus toxiques dans les produits agricoles traités par les pesticides ou, dans les eaux de boisson contaminées par les pesticides (Fournier et Bonderef, 1983) ;
- Pollution et toxicologie de l'environnement (Toé *et al.*, 2004 ; Ramade, 1992).

Au niveau environnemental en particulier, les dangers sont ressentis à travers principalement les effets sur la biocénose, le sol, l'air et les ressources en eau (Calvet *et al.*, 2005).

Particulièrement, la contamination des eaux et des sols est un problème majeur de dégradation de ces ressources naturelles indispensables à la vie. De la quantité appliquée de pesticides, moins de 0,1 % atteignent effectivement les organismes cibles (Pimentel, 1995) et, concomitamment, les résidus de pesticides se retrouvent fréquemment dans l'environnement à des distances considérables du point d'origine de leur application. En plus, la contamination de l'eau par certains pesticides est parfois observée plusieurs années après leur application.

Au Burkina Faso, des enquêtes sur les pratiques agricoles, des dosages de résidus de pesticides chimiques dans les compartiments de l'environnement et l'utilisation de modèles d'évaluation de risques ont permis de mettre en évidence un risque potentiel élevé de pollution de l'environnement (Toé *et al.*, 2012 ; Ouédraogo, 2010 ; Gomgnimbou *et al.*, 2009 ; Tapsoba *et al.*, 2008 ; Savadogo *et al.*, 2006). Une des raisons principales en est le non-respect des bonnes pratiques agricoles (BPA) en matière d'utilisation des pesticides chimiques par les producteurs (Gomgnimbou *et al.*, 2010 ; Toé *et al.*, 2004 ; Nebié *et al.*, 2002).

Pour réduire ces risques liés à l'utilisation des pesticides chimiques sur l'environnement au Burkina Faso, la culture du coton biologique a été introduite dans les systèmes de production agricole. Cette culture se caractérise par l'utilisation exclusive d'intrants biologiques et naturels. A la place des pesticides chimiques de synthèse, ce sont les biopesticides à base de microorganismes et d'extraits de plantes qui sont utilisés contre les ravageurs du cotonnier.

Dans le même sens, le projet « *Lutte intégrée contre le paludisme à base de pratiques agricoles et maraichères innovantes dans les bassins cotonniers d'Afrique de l'Ouest* » sponsorisé par le Centre de Recherches pour le Développement International / Partenariats de Recherche Intégrée pour la lutte contre le Paludisme en Afrique (CRDI/PRIPA), a été mis en œuvre à l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé / Direction Régionale de L'Ouest (IRSS/DRO) entre 2011 et 2013. Un de ses objectifs est d'étudier l'impact de la culture du cotonnier biologique sur l'assainissement de l'environnement dans le cadre de la lutte contre le paludisme. Une activité phare de son volet **écotoxicologique** est : « *l'évaluation de l'impact des anciennes pratiques agricoles avec utilisations intensives d'insecticides sur la toxicité de l'environnement (sol, eau de surface, légumes)* ». La présente étude s'inscrit dans cette activité. Elle vise à étudier les risques environnementaux liés à l'utilisation des pesticides dans deux agro-écosystèmes à base de coton conventionnel et de coton dans le village de Komplan 2 dans la commune de Dano au Burkina Faso.

Hypothèses de recherche

- ✓ L'usage des pesticides chimiques pour la production du coton conventionnel entraîne la présence de résidus de pesticides dans les eaux et sols correspondants, et par conséquent la pollution de l'environnement ;
- ✓ Une étude des risques des pesticides pour l'environnement des agro-écosystèmes à base de coton conventionnel et de coton biologique pourrait confirmer le bénéfice de la culture biologique notamment sur l'environnement sol et eau.

Objectifs de l'étude

- **L'objectif global** est d'étudier les risques de pollution des sols et des eaux de surface par les pesticides utilisés dans deux agro-écosystèmes à base de coton conventionnel et de coton biologique.
- **Les objectifs spécifiques** sont :
 - ✓ Etudier les pratiques agricoles liées à l'utilisation des pesticides dans la production du coton conventionnel et du coton biologique ;
 - ✓ Doser les résidus de pesticides chimiques dans l'eau et le sol ;
 - ✓ Estimer les risques de contamination des eaux de surface par l'utilisation d'un modèle.

**PREMIERE PARTIE : SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE**

PREMIERE PARTIE : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I : CULTURE DU COTONNIER

I. Mode de culture du cotonnier

Le cotonnier est un arbuste d'un mètre de hauteur environ, de l'ordre des Malvales, de la famille des Malvacées, de la tribu des Hibiscées et du genre *Gossypium*. C'est une plante vivace à l'état sauvage, mais en culture c'est une plante annuelle, qui est cultivée essentiellement pour sa fibre et sa graine.

1.1. Culture du coton conventionnel

Les opérations culturales (tableau I) sont définies en particulier par rapport à la date de semis, les dates d'apports des engrais et les dates d'application des insecticides (Konan et Mergeai, 2007). La culture est semi-intensive avec un taux d'adoption de plus de 95 % de l'utilisation des intrants (fumure minérale, protection insecticide chimique). Le désherbage manuel est courant, mais des herbicides de prélevée sont adoptés par les producteurs ayant de grandes superficies ; la récolte est partout manuelle. Les semences utilisées sont conventionnelles et traitées aux pesticides chimiques.

1.2. Culture du coton biologique

Les pesticides chimiques de synthèse et les engrais chimiques de synthèse ne sont pas employés en culture biologique. La protection du cotonnier biologique se fait avec des biopesticides à base de microorganismes et d'extraits de plantes. C'est le cas par exemple de l'utilisation des graines de neem (*Azadirachta indica*) mélangées aux huiles de Koby (*Carapa procera*) et de Npeku (*Lannea microcarpa*). Quant aux engrais chimiques, ils sont remplacés par des apports de fumure organique, du compost, par le parcage de bœufs sur la parcelle, etc. Les opérations culturales sont résumées dans le tableau I.

Tableau I : Opérations culturales du coton conventionnel et du coton biologique

Opérations culturales	Coton biologique	Coton conventionnel
Choix du terrain	Les sols profonds, fertiles, bien drainés ; terrains où il n'y a pas eu d'application d'intrants chimiques pendant les années précédentes ; isolement avec les champs voisins conventionnels ; pas ou faible pente ; accès facile.	Pas d'exigences particulières pour le choix du terrain. Toutefois, les caractéristiques pédoclimatiques du milieu doivent correspondre aux conditions propices pour la culture cotonnière en général.
Préparation du terrain	L'aménagement du terrain sur courbes de niveau avec ouvrages de conservation des eaux et sols ; défrichage ; application de quelques tonnes de fumure organiques de bonne qualité ; léger labour dès les premières pluies ; hersage.	Préparer le champ par coupure, par brûlis, et/ou par herbicide ; faire le labour et le billonnage tôt après les premières pluies par tracteur, culture attelée ou de façon manuelle.
Choix des semences	<i>Gossypium hirsutum</i> est de loin l'espèce de coton la plus répandue. La variété utilisée au Burkina est le Stam 59A. Les semences de coton sont d'origine biologique, donc non traitées avec des pesticides chimiques.	<i>Gossypium hirsutum</i> est de loin l'espèce de coton la plus répandue. Les variétés utilisées au Burkina sont FK37 (> 800 mm) ; STAM 89 A (600 à 800 mm) ; le délitage des semences et leur traitement par fongicide/insecticide.
Semis	Le semis (le plus tôt que possible ; manuel ou au semoir) ; le démariage (surtout en cas de semences vêtues).	Le semis (le plus tôt que possible ; manuel ou au semoir) ; le démariage (surtout en cas de semences vêtues).
Opération d'entretien du cotonnier	La gestion des mauvaises herbes à travers la rotation culturale correcte et un bon timing d'exécution des opérations culturales (labour, semis, sarclage, buttage) ; le sarclage manuel ou à la traction animale ; le buttage manuel (la houe) ou à la traction animale avec le butter.	Le sarclage manuel ou à la traction animale ; le buttage manuel (la houe) ou à la traction animale avec le butter, parfois à l'herbicide de prélevée ou de post-levée
Gestion de la fertilité du sol	La rotation des cultures avec les légumineuses, l'assolement, le recyclage des résidus de cultures et l'utilisation de la fumure organique (fumier d'élevage et compost).	La fertilisation d'un champ de coton conventionnel nécessite aussi bien la fumure organique (au moment du labour) que la fumure minérale. La fertilisation (avec engrais chimique ; un ou deux épandages ; total environ 200 kg d'engrais complexe NPKSB et d'Urée).
Gestion des ravageurs et des maladies	La protection de cultures s'y fait avec des extraits à base de graines de neem (<i>Azadirachta indica</i>) et de Batik (pesticide naturel à base de <i>Bacillus thuringiensis</i>). Les traitements biologiques se font souvent sur la base d'observations.	La protection des cultures à l'aide d'insecticides chimiques (environ 6-7 traitements avec début à 30 jours après levée et cadence de 15 jours entre deux traitements).
Récolte	Manuelle.	Manuelle.
Commercialisation	Triage, stockage au champ, transport au marché.	Triage, stockage au champ, transport au marché.

Source : Helvetas (2008), Ton (2006), Parry (1982)

II. Gestion des ravageurs du cotonnier

2.1. Connaissance des ennemis du cotonnier

Plus que chez la majorité des autres espèces cultivées, les ravageurs constituent une contrainte très importante pour la production de coton (Konan et Mergeai, 2007). Le cotonnier est l'une des plantes les plus parasitées au monde. Pour Lawson (2008), outre les adventices, on dénombre en Afrique tropicale environ 480 espèces d'insectes, acariens, myriapodes et nématodes qui vivent aux dépens du cotonnier. Les principaux ravageurs attaquent les organes végétatifs et fructifères. Ceux-ci peuvent être répartis en trois groupes selon le stade phénologique de la plante comme suit :

- Les ravageurs de la semence et des racines,
- Les ravageurs du feuillage (chenilles phyllophages),
- Les ravageurs des organes reproducteurs (chenilles carpophages) dont le principal ravageur est la chenille américaine du cotonnier (*Helicoverpa armigera*) (INERA, 2013 ; Cauquil, 1986).

2.2. Méthodes de lutte contre les ennemis du cotonnier

2.2.1. Lutte biologique

Selon l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB), la lutte biologique ou encore promotion des ennemis naturels se définit comme étant «*l'utilisation d'organismes vivants ou de leurs produits pour lutter contre d'autres organismes jugés nuisibles*». Les organismes vivants habituellement utilisés sont des prédateurs, des parasites, des parasitoïdes ou des entomopathogènes (Traoré, 2008). Les espèces les plus importantes sont les coccinelles, les araignées, les chrysopes, les guêpes parasites, les fourmis et les punaises. Pour augmenter leur population dans le champ, il est indispensable de préserver leurs habitats naturels. Les pratiques culturales telles que l'assolement, la rotation, le maintien d'habitats naturels autour des champs (zones de refuges), le mulch ou paillis, etc., sont essentielles à leur promotion (Helvetas, 2008).

2.2.2. Lutte agronomique

La lutte agronomique contre les déprédateurs du cotonnier comprend l'ensemble des pratiques culturales mises en œuvre pour perturber le développement des ravageurs à une étape donnée de leur cycle biologique. Ces pratiques vont de la mise en place de la culture aux opérations effectuées après la récolte du coton graine (Traore, 2008).

Selon Traoré (2008), les méthodes suivantes peuvent être mises en œuvre :

- ✓ La précocité des semis pour lutter contre la 2^{ème} génération de *Helicoverpa armigera* ;
- ✓ Le labour : les labours profonds permettent de mettre en surface les chrysalides des ravageurs avant la sortie des papillons ;
- ✓ Le sarclage : Ceci permet d'éliminer les plantes pouvant servir d'hôtes aux ravageurs ;
- ✓ Les récoltes précoces et échelonnées pour échapper aux ravageurs de fin de cycle ;
- ✓ La destruction des vieux cotonniers contre *Diparopsis*, *Syagrus* et les maladies.

2.2.3. Utilisation des pesticides naturels

Les pesticides naturels sont utilisés principalement en culture biologique. Plusieurs espèces et méthodes sont habituellement utilisées : la pulvérisation d'extraits de neem (*Azadirachta indica*), le tourteau de neem déshuilé, les mélanges botaniques (combinaison d'extraits de certaines plantes : neem, lantana (*Lantana camara*), feuilles de patate (*Ipomoea batatas*), feuilles de tomate (*Solanum lycopersicum*), gingembre (*Zingiber officinale*), piment (*Capsicum frutescens*), etc., les répulsifs : ail (*Allium sativum*), oignon (*Allium cepa*), piment, pulvérisation de savon doux, etc. (Helvetas, 2008).

2.2.4. Utilisation des pesticides chimiques de synthèse

Malgré la conduite des autres composantes de la lutte intégrée (excepté le Coton Génétiquement Modifié (CGM)), la lutte chimique basée sur l'utilisation des insecticides chimiques demeure encore en Afrique de l'ouest le principal moyen de lutte contre les ravageurs du cotonnier en culture conventionnelle, notamment les chenilles des capsules (Traoré, 2008). Deux modes d'interventions ont été développés : il s'agit des programmes de traitements calendaires et des programmes d'interventions sur seuil (Traoré, 2008 ; Ton, 2006) :

❖ Programme de traitement calendaire

L'objectif visé dans l'élaboration du programme de traitement sur calendrier, ou programme de traitement prédéfini, est surtout d'assurer la protection des cotonniers durant la période allant du début de la floraison jusqu'à la maturation de la majorité des capsules formées. Une variante de ce programme la plus utilisée ces dernières années est «le **programme fenêtres** ». Dans ce programme, la date de démarrage des traitements est de 30-35 jours après la levée, ce qui correspond à l'apparition des boutons floraux, le but étant le ciblage des jeunes et fragiles chenilles de ce ravageur. L'objectif de la mise en place des programmes fenêtres est d'éviter l'utilisation des pyréthrinoïdes avant la mi-août pour mieux gérer la

résistance de *Helicoverpa armigera* à cette famille chimique. Partant sur la base de 6 traitements à réaliser, ceux-ci ont été regroupés en 2 ou 4 interventions successives pour former une fenêtre :

- Programme à 2 fenêtres : selon le principe de ce programme, les 1^{er} et 2^{ème} traitements forment la première fenêtre tandis que la seconde fenêtre est constituée par les 4 autres traitements.
- Programme à 3 fenêtres : si les 1^{er} et 2^{ème} traitements forment la première fenêtre, les 3^{ème} et 4^{ème} traitements donnent la seconde fenêtre et les 5^{ème} et 6^{ème} traitements constituent la troisième fenêtre.

Le choix des produits à appliquer est fait avec beaucoup de discernement. C'est ainsi que :

- En première fenêtre, les produits comme le profenofos, l'indoxacarb, le spinosad, peuvent être utilisés ;
- En seconde fenêtre (programme 2 fenêtres) ou aux deux autres fenêtres (programme 3 fenêtres), les traitements sont réalisés avec des produits binaires contenant un pyréthriinoïde en association avec un produit d'autres familles ;
- Dans le cas du programme 3 fenêtres, on peut intervenir avec des produits acaricides (cyperméthrine / profenofos, deltaméthrine / triazophos) au niveau de la deuxième fenêtre puis des produits aphicides et/ou aleurodicides (lambdacyhalothrine / acétamipride, alphacyperméthrine / imidaclopride) en troisième fenêtre.

❖ Programme sur seuils

L'expansion des programmes d'interventions sur seuils est encore lente pour plusieurs raisons liées à l'insuffisance de la connaissance des ravageurs qui constituent, sans aucun doute, l'élément déterminant pour la réussite de ce programme. L'évaluation des niveaux d'infestation des populations d'insectes requiert la connaissance des différentes espèces inféodées au cotonnier et celle de leurs dégâts. Pour cela, il faut procéder à un échantillonnage dont le but est l'évaluation des populations ou des dégâts dans le champ de coton afin de prendre une décision. Les traitements sont faits généralement avec des produits spécifiques en cas d'atteinte des seuils d'intervention, ou avec des produits binaires quand la nécessité s'impose.

2.2.5. Lutte intégrée

Pour lutter contre les effets néfastes occasionnés à l'environnement, depuis une vingtaine d'années, les organismes responsables de la recherche agronomique de la plupart des pays préconisent le recours à la lutte intégrée (NDao, 2008). Celle-ci consiste à combiner un emploi judicieux des pesticides, permettant de limiter les effets néfastes et non désirés de ces substances, avec le recours aux moyens de la lutte culturale, des ressources génétiques et de l'usage de la lutte biologique contre les ravageurs. Selon l'Organisation Internationale de Lutte Biologique (OILB), la lutte intégrée est un « Système de lutte contre les organismes nuisibles qui utilise un ensemble de méthodes satisfaisant les exigences à la fois économiques, écologiques et toxicologiques, en réservant la priorité à la mise en œuvre délibérée des éléments naturels de limitation et en respectant les seuils de tolérance » (Traore, 2008). Toutefois, la lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier nécessite une connaissance parfaite des principaux ravageurs et maladies de la plante ainsi que de leurs ennemis naturels.

2.2.6. Gestion intégrée de la production et des déprédateurs (GIPD)

Selon Ton (2006), l'approche Gestion Intégrée de la Production et des Déprédateurs (GIPD) vise à améliorer la productivité des petits exploitants agricoles de façon durable. Cette approche leur apporte un savoir-faire qui rationalise la production et qui prend en compte la santé de l'homme et l'environnement. Pour ce qui concerne la protection des cultures, l'approche GIPD ressemble aux traitements sur seuil dans la mesure où les traitements sont faits sur la base d'un suivi de l'incidence des ravageurs de coton et de leurs ennemis naturels au champ. Aussi, l'utilisation d'insecticides synthétiques est fortement réduite en quantité voire annulée. La particularité de la GIPD est que les traitements s'y font avec des produits alternatifs plus respectueux de la santé humaine et animale et de l'environnement, et qui sont localement disponibles (décoctions de graines de neem, mélanges d'eau-savon-pétrole, etc.). La GIPD prône également le contrôle biologique des ravageurs. Les insecticides synthétiques moins toxiques ne sont employés qu'en dernier recours. Quatre principes simples et compréhensibles permettent d'élucider la GIPD. Il s'agit de produire une culture saine, de préserver les ennemis naturels, d'observer régulièrement les cultures et que les paysans deviennent des experts dans leurs propres champs.

CHAPITRE II : LES PESTICIDES UTILISES EN AGRICULTURE

I. Généralités sur les produits phytosanitaires

1.1. Définition

La Directive Européenne 91/414/CEE du Conseil du 15 juillet 1991 définit les produits phytopharmaceutiques comme étant des substances actives et des préparations contenant une ou plusieurs substances actives qui sont présentées sous une forme dans laquelle elles sont livrées à l'utilisateur et qui sont destinées à :

- Protéger les végétaux ou les produits végétaux contre tous les organismes nuisibles et à prévenir l'action de ces derniers (insecticides, fongicides, herbicides, algicides, nématicides, acaricides, molluscides, bactéricides, rodenticides, etc.) ;
- Exercer une action sur les processus vitaux des végétaux, pour autant qu'il ne s'agisse pas de substances nutritives (par exemple, les régulateurs de croissance) ;
- Assurer la conservation des produits végétaux, pour autant que ces substances ou produits ne fassent pas l'objet de dispositions particulières du Conseil ou de la Commission concernant les agents conservateurs ;
- Détruire les végétaux indésirables ou les parties des végétaux, freiner ou prévenir une croissance indésirable des végétaux.

1.2. Classification des pesticides à usage agricole

1.2.1. Classification selon la cible

Les pesticides peuvent être classés selon leur cible biologique (Guigon-Moreau, 2006) :

- Les herbicides pour lutter contre les "mauvaises herbes" ;
- Les fongicides pour détruire les champignons ;
- Les insecticides destinés à tuer les insectes ou à empêcher le déroulement normal de leur cycle de vie ;
- Les corvicides contre les oiseaux ravageurs des cultures ;
- Les rodenticides pour lutter contre les rongeurs ;
- Les molluscicides contre les limaces et les escargots ;
- Les nématicides contre les nématodes (petits vers) ;
- Les taupicides contre les taupes ;
- Les régulateurs de croissance.

1.2.2. Classification selon la famille chimique

Ce système de classification tient compte de la nature chimique de la substance active majoritaire qui compose le produit phytosanitaire. Les principaux groupes chimiques comprennent les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates, les pyréthrinoïdes (familles d'insecticides chimiques), les triazines et les urées substituées (familles d'herbicides chimiques) (Merhi, 2008) et les dérivés de benzène, les sulfamides, les dithiocarbamates, les phtalimides et les carbamates (familles de fongicides).

II. Risques environnementaux liés aux pesticides

Les risques environnementaux sont les risques liés à l'environnement physique, chimique et biologique de l'homme et de tous les organismes vivants. Ils sont généralement dus à la présence de substances toxiques dans le milieu naturel, les aliments et l'eau de boisson (Calvet *et al.*, 2005).

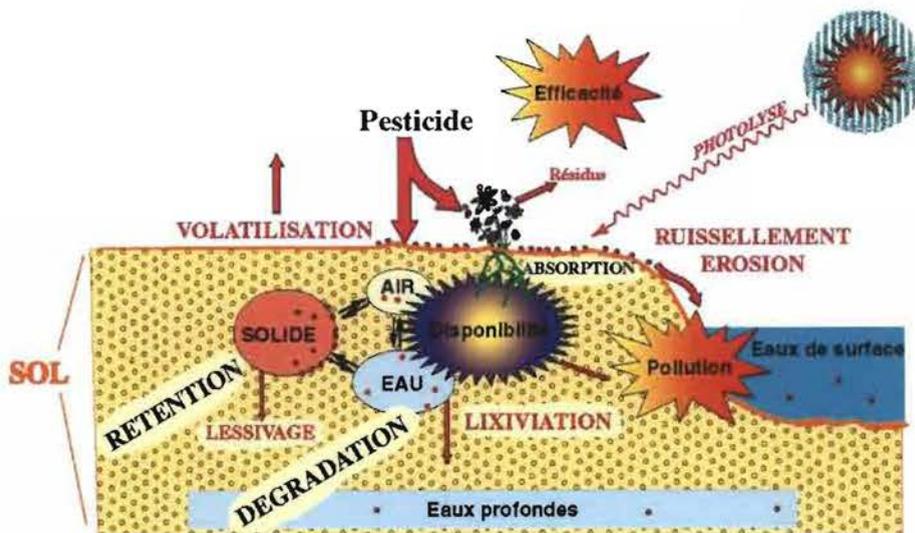
2.1. Notion de risque

Un risque est la probabilité d'occurrence d'un effet nocif résultant de l'exposition d'une entité (homme, population, écosystème...) à un danger (un agent physique, chimique ou biologique, une action) (Calvet *et al.*, 2005). A côté de cette caractéristique quantitative, un risque possède deux caractéristiques qualitatives, sa nature et son amplitude (sa gravité). La nature du risque dépend de celle du danger, donc de la nature de l'agent ou de l'action, mais aussi de la nature de l'entité concernée. En somme, l'existence d'un risque dépend, non seulement de l'existence d'un danger, mais aussi de l'exposition à ce danger. Dans ce travail où on s'intéresse aux pesticides, substances chimiques dont les propriétés toxicologiques intrinsèques les rendent dangereux non seulement pour la santé mais aussi pour l'environnement, le risque résulte du croisement entre l'exposition à ceux-ci et les effets toxiques de ceux-ci (NDao, 2008).

2.2. Devenir et comportement des pesticides dans l'environnement

Les pesticides sont des dangers qui présentent des risques d'autant plus qu'une grande partie des quantités appliquées n'atteint pas les cibles mais est dispersée dans l'environnement. Dans la pratique, après leurs épandages sur les cultures, les pesticides sont soumis à des phénomènes de non-déposition (interception, dérive, photolyse, volatilisation), de transport (ruissellement, érosion, lessivage, volatilisation), d'immobilisation (adsorption / désorption sur les particules du sol), de dégradation (hydrolyse) et de métabolisation (par les plantes et

les microorganismes notamment) (Barriuso *et al.*, 1997). Apporté dans le sol, un pesticide peut être retenu par les minéraux et la matière organique, transporté dans l'eau et dans l'air et transformé à des degrés divers jusqu'à sa complète dégradation (Calvet *et al.*, 2005). Les processus (figure 1) ainsi impliqués, conduisent donc au devenir du pesticide dans le sol qui dépend de quatre facteurs généraux : le climat, le sol, les propriétés moléculaires et les pratiques agricoles.



*Figure 1 : Processus impliqués dans le devenir des pesticides dans le sol conditionnant leur disponibilité et, par conséquent, leur efficacité phytosanitaire ou la manifestation de leur caractère polluant (Barriuso *et al.*, 1997).*

2.2.1. Dans le sol

Le sol joue un rôle d'interface, de telle sorte que le comportement des pesticides dans les sols va conditionner leur persistance et leur dispersion vers d'autres compartiments de l'environnement. Dans le cas où le pesticide est à la fois persistant et quelque peu mobile, il peut y avoir un stockage du produit dans le sol, qui entretient la pollution des eaux souterraines (Schiavon *et al.*, 1995). Aussi, la position centrale qu'occupe le sol lui permet-il de jouer un rôle de régulation des pollutions avec un double rôle d'épuration et de stockage des polluants. Il va pouvoir participer à leur élimination ou diminuer ou retarder leurs impacts sur les différentes cibles.

2.2.2. Dans l'eau

Si l'on excepte les cas de pollutions ponctuelles liés à des déversements intempestifs, la contamination initiale des eaux par les pesticides se produit à l'échelle des parcelles agricoles suite à l'épandage des substances phytosanitaires (Voltz et Louchart, 2001). L'eau peut entraîner la dispersion des pesticides dans le milieu par lavage des feuilles, ruissellement et

lixiviation. Le ruissellement contribue à la pollution des eaux de surface tandis que la lixiviation contribue surtout à celle des eaux profondes (Hayo et Van Der, 1997).

2.2.3. Dans l'air

Selon Majewski *et al.* (1998) et Van Pul *et al.* (1999), les pesticides entrent en contact avec l'atmosphère durant leur application par les phénomènes de volatilisation, de photolyse avec l'oxyde d'hydrogène atmosphérique et par l'effet du vent (dérive). Le terme de « volatilisation » comprend tous les processus physico-chimiques de transfert des composés du sol ou des plantes vers l'atmosphère. C'est l'une des causes principales de fuites de pesticides hors de la zone cible, notamment quand les traitements visent la surface du sol ou celle des végétaux. Ces pertes dépassent souvent en importance celles dues à la dégradation chimique, au ruissellement et à la lixiviation (Spencer et Cliath, 1990). Selon IAU (2010), le transfert des pesticides dans l'air est variable (de 25 à 75 %) selon la nature du produit, les modes d'utilisation, la nature des sols, la climatologie. Les conséquences de la dissémination de ces produits dans l'atmosphère sont la pollution des écosystèmes terrestre et aquatique (NDao, 2008).

2.3. Risques des pesticides sur les organismes non-cibles

Les pesticides chimiques sont dangereux pour les organismes non-cibles du cotonnier. Il s'agit notamment de la biodiversité des sols agricoles telle que les espèces pollinisatrices, les auxiliaires biologiques, les organismes du sol, ainsi que les mammifères, la flore sauvage et commensale et les animaux domestiques. Particulièrement, les insecticides chimiques sont dangereux pour les prédateurs, les parasites et les compétiteurs des ravageurs cibles. Les effets indirects des traitements phytosanitaires sont ressentis notamment sur les oiseaux, les organismes aquatiques, les abeilles, les organismes auxiliaires. Des études comme celles de Mahaut *et al.* (2001), ont montré que l'emploi massif de pesticides conduit généralement à la diminution des effectifs d'insectes. Or, les arthropodes utiles comme les coccinelles, naturellement présents dans l'environnement permettent souvent de limiter le recours aux insecticides. Les effets des produits phytosanitaires sur les organismes non-cibles justifient de fait, l'importance des études écotoxicologiques dans les processus d'homologation (NDao, 2008).

2.4. Estimation des risques environnementaux des pesticides

2.4.1. Estimation des risques suivant les propriétés physico-chimiques des pesticides

L'évaluation des risques pour l'environnement repose sur l'examen des propriétés toxicologiques et écotoxicologiques des matières actives et de leurs propriétés physico-chimiques. On s'accorde très généralement sur le fait que l'impact environnemental d'un pesticide dépend du degré d'exposition (résultant de sa dispersion et de sa concentration dans l'environnement) et de ses caractéristiques toxicologiques (Emans *et al.*, 1992). Le devenir des pesticides dans l'environnement, c'est-à-dire, leur rétention, leur transport et leur dégradation, dépend donc de leurs propriétés que sont particulièrement la solubilité, la persistance, la volatilité, la mobilité et l'adsorbabilité (Calvet *et al.*, 2005). La classification des pesticides chimiques selon leurs propriétés est donnée en annexe 1.

2.4.2. Utilisation des modèles numériques

L'estimation des risques potentiels des pesticides à contaminer l'environnement, peut être réalisée à l'aide de méthodes basées sur l'utilisation de modèles numériques de simulation qui permettent d'obtenir des flux et des concentrations en pesticides dans différents compartiments de l'environnement (air, sol, eau) (Calvet *et al.*, 2005, Mamy *et al.* 2008).

La plupart des modèles existants décrivent chacun, les paramètres de dispersion des pesticides dans l'environnement, en fonction de certaines données. Ces données concernent en général les paramètres moléculaires (caractéristiques des pesticides), pédologiques (caractéristiques du sol), climatiques (les caractéristiques météorologiques), topographiques et technologiques (les traitements phytosanitaires) (Gustafson, 1994).

Ce sont par exemple :

- ✓ Pesticides Impact Rating Index (PIRI), un indicateur de risque de pesticide pour la qualité de l'eau (Kookana *et al.*, 2005);
- ✓ Exposure Analysis Modeling System (EXAMS), un modèle lié à l'évaluation des pesticides dans les couches superficielles de l'eau (EPA, 2012) ;
- ✓ GENERIC Estimated Exposure Concentration (GENEEC), un modèle pour les eaux de surface, utilisé pour évaluer l'exposition des pesticides sur les organismes aquatiques et l'environnement (EPA, 2012).

DEUXIEME PARTIE : ETUDE REALISEE

DEUXIEME PARTIE : ETUDE REALISEE

CHAPITRE III. MATERIELS ET METHODES

I. Site de l'étude

La province du IOBA dans la région du Sud-Ouest du Burkina Faso (figure 2), est limitée au Nord par la province du TUY, au Nord-Est par la province des BALE, à l'Est par la province de la SISSILI, au Sud par la province du PONI, à l'Ouest et au Sud-Ouest par la province de la BOUGOURIBA et au Sud-Est par la République du GHANA. L'étude a été conduite dans le village de Komplan 2 dans la commune de Dano, chef-lieu de la province du IOBA et située à une distance de 150 Km de Bobo-Dioulasso et de 280 km de Ouagadougou.

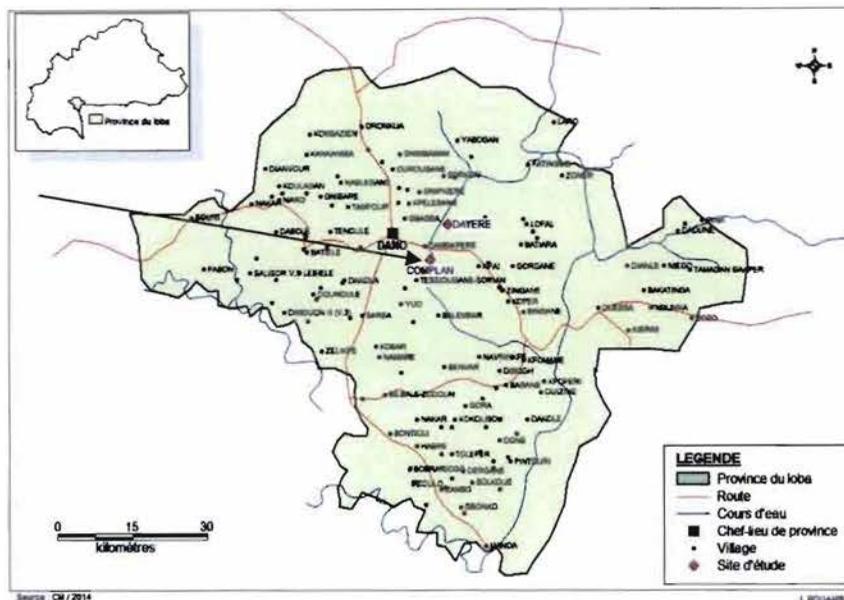


Figure 2 : Province du Ioba dans le Sud-ouest du Burkina Faso

Komplan 2 est localisée dans la zone climatique soudanienne avec une saison des pluies qui s'étale sur quatre à cinq mois. La pluviométrie moyenne annuelle se situe autour de 865 mm avec des variations allant de 600 à 1100 mm ces dernières années (ATC Dano, 2013) (figure 3). L'espèce cotonnière *Gossypium hirsutum*, la plus cultivée dans cette partie du Burkina Faso, exige une pluviométrie moyenne annuelle de 600 mm et une température moyenne annuelle de 29 °C. Le relief y est en général accidenté. Les sols à Komplan 2 sont de types ferrugineux tropicaux lessivés, à dominance gravillonnaires en surface. Une analyse de ces sols sur l'horizon 0-26 cm a été obtenue au BUNASOLS (tableau II).

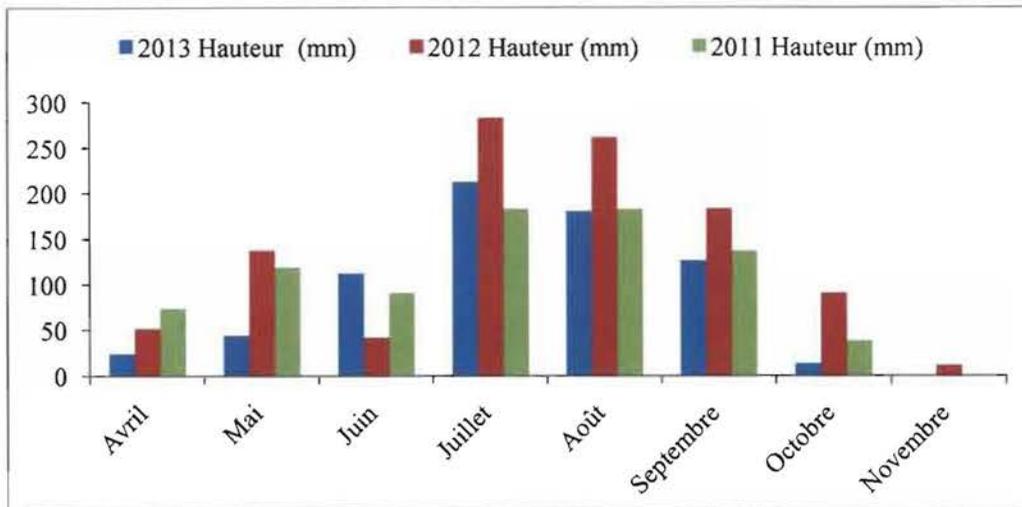


Figure 3 : Diagramme pluviométrique de la zone d'étude (période 2011, 2012 et 2013)

Tableau II : Caractéristiques des sols à Komplan 2.

Paramètres	Valeurs
Argile (%)	20,5
Limon (%)	37,2
Sable (%)	42,1
pH eau	4,6
pH KCL	4,05
Carbone Total (mg/g)	0,475
Matière Organique (%)	0,81
N total (mg/g)	0,042
C/N	13,625
Ca (meq/100 g)	0,97
Mg (meq/100 g)	0,225
K (meq/100 g)	0,185
Na (meq/100 g)	0,04
S (meq/100 g)	1,42
Capacité d'échange	2,465
S/T	56,5
P total (ppm)	90,5
P assimilable (ppm)	2

Source : BUNASOLS, 1999.

II. Matériels

2.1. Enquêtes sur les pratiques agricoles

Un questionnaire d'enquête (annexe 7) a été utilisé pour la collecte des données sur le terrain à Komplan 2.

2.2. Prélèvements d'échantillons de sol et eau

Tableau III : Matériel utilisé pour le prélèvement d'échantillons de sol et eau

Matériel de prélèvement des échantillons de sols	Matériel de prélèvement des échantillons d'eau
Sac en polyéthylène 30x20 cm avec dispositif de sécurité ; détergent ; serviettes en papier ; pelles ; tarière ; GPS pour l'enregistrement des coordonnées géographiques ; glacière pour contenir les récipients d'échantillon ; gants en caoutchouc, des assiettes plastiques, des stylos, des marqueurs indélébiles.	Crayons ; stylos ; étiquettes ; marqueurs ; bouteilles ambrées propres de (1000 mL) avec couvercle à vis ; des pissettes ; des entonnoirs ; dispositif d'échantillonnage approprié ; gants en caoutchouc ; des glacières pour assurer la protection et le transport des échantillons prélevés ; du papier pH ; du papier aluminium, des louches, des entonnoirs, des marqueurs indélébiles, la glace.

2.3. Analyses de résidus de pesticides au laboratoire

L'analyse des résidus de pesticide dans les échantillons d'eau et de sol, a été faite au sein du Service Pesticide et Engrais (SPE) du Laboratoire National de Santé Publique (LNSP) à Ouagadougou au Burkina Faso.

Le matériel pour l'analyse des résidus de pesticides est composé de :

- L'appareillage, la verrerie, des réactifs et des produits utilisés pour l'extraction-purification (annexe 3) ;
- L'équipement de dosage des résidus de pesticides (annexe 4) (figure 4).



Figure 4 : Vue de l'équipement pour l'analyse des extraits : (A) CPG, (B) HPLC, (C) Extraits

2.4. Utilisation d'un modèle pour l'évaluation des risques de contamination des eaux de surface par les pesticides chimiques

L'outil utilisé est un logiciel appelé « *Pesticide Impact Rating Index* » (PIRI), développé par le "Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation" (CSIRO) (Kookana *et al.*, 2005). PIRI a été utilisé dans cette étude pour l'évaluation des risques de contamination des eaux de surface.

III. Méthodes

3.1. Enquêtes sur les pratiques agricoles

L'étude est de type descriptif avec une technique de recherche basée sur des enquêtes et des observations. L'enquête a été conduite aussi bien dans le village de Komplan 2 qu'au niveau des services techniques qui accompagnent les producteurs. Ces enquêtes ont été menées du 18 au 25 Octobre 2013. L'enquête auprès des producteurs a concerné deux groupements de producteurs de coton. Il s'agit d'un groupement de producteurs de coton biologique (GPCB) composé de 13 membres et d'un groupement de producteurs de coton conventionnel appelé Komplan 2 et composé de 44 membres. Les producteurs chez lesquels les prélèvements d'échantillons de sol ont été faits ont été inclus systématiquement dans l'échantillon. Ainsi 25 producteurs ont été enquêtés composés de 08 producteurs du groupement de coton biologique, 14 producteurs du groupement de coton conventionnel et 03 producteurs d'autres cultures. Des mesures et observations diverses ont également été réalisées au cours de ces enquêtes. Les données collectées ont fait l'objet d'un dépouillement manuel. Les calculs de proportions ainsi que la réalisation des graphiques ont été faits à l'aide du logiciel EXCEL 2007.

3.2. Analyses de résidus de pesticides au laboratoire

3.2.1. Référence des méthodes

Les méthodes utilisées sont des méthodes d'analyse multi-résidus. Elles permettent de séparer et de doser en une seule manipulation l'ensemble des molécules présentes dans un extrait. Les protocoles d'analyses sont issus des auteurs suivants :

- Manuel sur le contrôle de la qualité des produits alimentaires : vol. 13 Analyse de résidus de pesticides dans les laboratoires de contrôle de la qualité des aliments (Miller, 1995) ;
- Method S19 Manual of Pesticide Residue Analysis DFG vol.1 (DFG, 1987) ;

- Glyphosate determination in soil, Water and Vegetables Using DPV Optimized by Response Surface Methodology (Teófilo et al., 2008) ;
- Method to study the fate of Diuron in soil in a Malaysian oil palm plantation (Muhamad *et al.*, 2013).

3.2.2 Prélèvement et traitement des échantillons

3.2.2.1. Echantillons d'eau

Le prélèvement des échantillons d'eau de surface (figure 5B) a été fait en 2 phases, soit une phase avant les traitements insecticides (le 03 août 2013) et l'autre phase à la fin des traitements phytosanitaires (le 18 octobre 2013). Les échantillons ont été prélevés systématiquement à proximité des parcelles de coton biologique et conventionnel échantillonnés pour les sols. L'eau a été conditionnée dans des bouteilles ambrées de 1 L. Les bouteilles ont été emballées de papier aluminium, identifiées par codage, puis placées dans des glacières contenant des sachets de glace. L'ensemble a été transporté le même jour au laboratoire où les échantillons ont été conservés à -20 °C jusqu'à l'analyse. Au total, 10 échantillons d'eau ont été prélevés pendant la première phase de prélèvement contre 09 pendant la deuxième phase. Les codes des échantillons et coordonnées géographiques sont donnés en annexe 5.

3.2.2.2. Echantillons de sol

Les prélèvements de sol (figure 5A) pour le dosage des résidus de pesticides chimiques ont été faits au même moment que les prélèvements des échantillons d'eau dans les deux agro-écosystèmes. Les échantillons composites du sol ont été prélevés au niveau de l'horizon 0-20 cm à l'aide d'une tarière selon la méthode décrite par Mathieu et Pieltain (1998). Dans la pratique, trois échantillons élémentaires sont prélevés sur la parcelle considérée, suivant la diagonale, puis un échantillon composite a été constitué pour cette parcelle de coton. Ces échantillons ont été conservés dans des sacs d'échantillonnage, et placés dans une glacière jusqu'au laboratoire. Ils ont été séchés à l'air libre, tamisés, et gardés au congélateur jusqu'à l'analyse. Au total, 09 échantillons de sol ont été prélevés pendant chaque phase. Les références des sites d'échantillonnage sont données en annexe 5.



Figure 5 : (A) Prélèvement d'échantillons de sol, (B) Prélèvement d'échantillons d'eau, (C) Relevé de coordonnées géographiques au GPS

3.2.3. Extraction des pesticides chimiques dans l'eau

Il s'agit d'une extraction liquide-liquide qui est une méthode de purification basée sur la différence de solubilité d'un soluté dans deux phases non miscibles. Elle utilise une phase aqueuse et une phase organique.

Les extractions et les analyses de résidus de pesticides ont concerné les substances actives de trois grandes familles chimiques pour les insecticides. Il s'agit des Organophosphorés, des Organochlorés et des Pyréthriinoïdes. Ces familles chimiques ont été systématiquement recherchées grâce à la disponibilité des standards spécifiques de ces molécules par le laboratoire d'analyse mais aussi pour vérifier un éventuel usage frauduleux de certaines molécules.

Extraction-purification des organophosphorés

L'extraction de résidus de pesticides de 500 mL d'un échantillon d'eau est réalisée en plusieurs phases (figure 6A). Une première phase avec 70 mL de dichlorométhane et une seconde phase avec le même solvant après filtration sur sulfate anhydre à l'aide de papier filtre. C'est la phase inférieure qui est filtrée. Une deuxième étape consiste à réaliser l'extraction de l'extrait précédent à l'aide de 70 mL d'hexane. La phase supérieure (hexanique) est filtrée à travers le même filtre. L'extrait est concentré à environ 2 mL à l'évaporateur rotatif à la température de 40 °C (figure 6B). Le volume est ensuite ramené à V1=10 mL avec le mélange acétone/hexane (1/9) qui est une solution de reprise (SR). La détermination de ces composés a consisté à injecter 1µL de la solution V1 dans un chromatographe en phase gazeuse (CPG).

Extraction-purification des pyréthrinoïdes de synthèse et des organochlorés

C'est le même procédé qui a conduit à l'obtention du volume V1 précédent. La différence réside dans le fait que la détermination des pyréthrinoïdes de synthèse et des organochlorés nécessite une purification supplémentaire. Pour ce faire, 5 mL de V1 sont prélevés dans un tube à essai puis évaporés à sec par barbotage à l'azote. On ajoute 1 mL de la SR (le mélange acétone/hexane (1/9)) puis on agite au vortex pour obtenir un volume V2. La purification est faite sur colonne de silice (figure 6C). Le volume, récupéré dans une fiole de 10 mL, est barboté à l'azote jusqu'à cécité. Le résidu est repris avec 0,5 mL de la SR. Un (1) μ L du résidu repris est injecté dans un CPG.

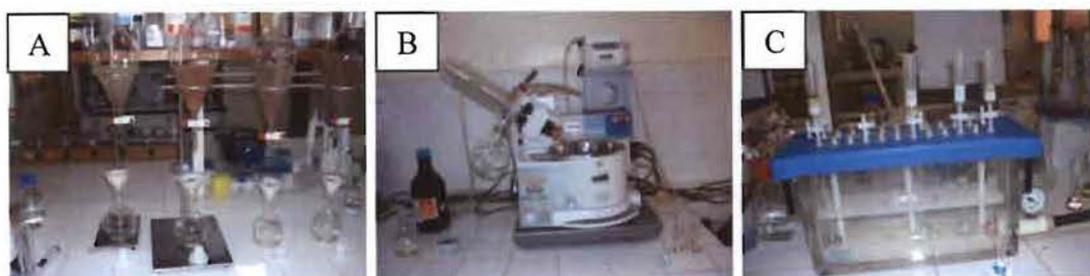


Figure 6 : Quelques étapes du processus d'extraction/purification de résidus dans les eaux : (A) extraction, (B) vaporisation des solvants, (C) purification.

3.2.4. Extraction des pesticides chimiques dans les sols

3.2.4.1. Insecticides : pyréthrinoïdes de synthèse, organochlorés et organophosphorés

Extraction /Purification

Des échantillons de sol de 50 ± 1 g ont été pesés dans des flacons Schott de 250 mL. L'extraction se fait avec 100 mL du mélange acétone/méthanol (v/v) (figure 7). Après filtrage sur Büchner, l'échantillon est repris avec 50 mL du mélange acétone/méthanol et le nouvel extrait est obtenu après aspiration de la totalité du solvant. Un volume de 150 mL de l'extrait est soumis à purification à l'aide d'un mélange de 300 mL d'eau avec une solution saturée en chlorure de sodium (30 mL) et 60 mL de dichlorométhane. Après mélange et décantation, la phase inférieure (dichlorométhane) est soutirée en la recueillant dans un ballon de 500 mL à travers un filtre contenant environ 100 g de chlorure de sodium anhydre. La phase aqueuse est de nouveau extraite avec 60 mL de dichlorométhane et la phase inférieure est recueillie dans le même ballon. Les phases organiques sont vaporisées à l'évaporateur rotatif sous vide jusqu'à environ 2 mL. Le résidu est repris avec le mélange n-hexane/acétone (9/1) dans un volume exact de 10 mL. Un (1) mL de l'extrait est dilué dans 5 mL de la SR. C'est cette solution qui est utilisée pour la détermination des composés organophosphorés.

Purification/détermination des pyréthriinoïdes de synthèse et des organochlorés

La détermination de ces composés demande une purification supplémentaire sur colonne de silice. La cartouche est conditionnée avec 5 mL de S1 puis 5 mL de n-hexane. Un (1) mL de la solution à purifier est déposé dans la cartouche. On aspire un peu et on procède à une élution par 5 mL de la solution S1 (éther diéthylique/hexane (2/8)), puis par 5 mL de la solution S2 (éther diéthylique/hexane (6/4)). Le volume est récupéré dans une fiole de 10 mL puis barboté à l'azote pour avoir exactement 10 mL. La recherche est effectuée sur ce dernier volume.

3.2.4.2. Herbicide : diuron

La méthode de l'extraction du Diuron dans le sol a suivi la technique proposée par Muhamad *et al.* (2013). L'extraction a été faite avec un échantillon de 20 g de sol à l'aide de 15 g de chlorure de sodium et 40 mL d'acétonitrile. Après filtrage, 10 mL de l'extrait ont été barbotés à l'azote jusqu'à cécité dans un bain-marie réglé à 40 °C. Le résidu a été redissou par addition de 1 ml d'un mélange d'eau dans l'acétonitrile (1:1, v/v) et agité au vortex pour bien mélanger, puis filtré à travers un filtre de 0,45 µm pour éliminer les matières particulaires. L'extrait a été ensuite transféré dans un flacon de 2 mL pour une analyse ultérieure.

3.2.4.3. Herbicide : glyphosate

Une quantité de 50 g du sol homogénéisé a été ajouté à 125 mL d'une solution de KOH 0,2 mol/dm³ dans un ballon qui a été fermé et agité mécaniquement pendant 15 min. Tout le volume a été centrifugé pendant 20 min à 4000 RPM et le surnageant a été transféré dans un flacon en matière plastique. Un volume de 125 mL supplémentaire de 0,2 mol/L de KOH a été ajouté au ballon d'agitation contenant le sol centrifugé. Le mélange a été fait à l'aide d'une baguette de verre et ensuite transféré dans un ballon de 250 mL, et on agite à nouveau pendant 15 min. Le mélange a été centrifugé et le surnageant a été combiné avec la première partie extraite. Le volume combiné a été transféré dans la colonne d'échange d'anions et percolé à un débit de 1,5 mL/min. Après la collecte, s'en est suivie la dérivation, la concentration puis l'analyse du glyphosate.

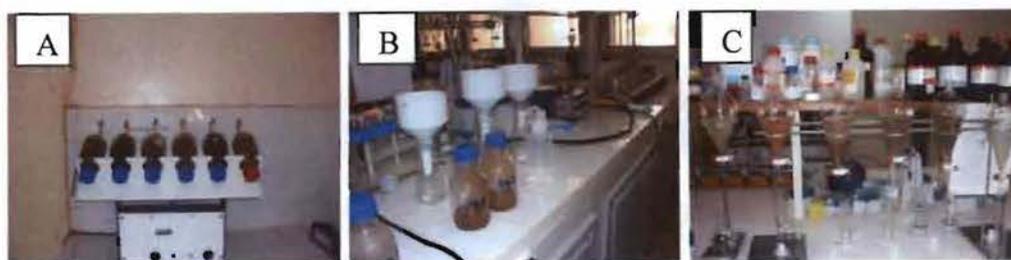


Figure 7 : Processus d'extraction de pesticide dans les sols : agitation A ; filtrage B ; purification C.

3.2.5. Dosage de résidus de pesticides dans les sols et l'eau

Le dosage des pesticides a été réalisé par CPG à l'aide de chromatographes et détecteurs spécifiques par familles chimiques ou molécules (tableau IV). La technique de séparation au chromatographe est basée sur la distribution des solutés d'un mélange entre 2 phases (phase stationnaire, solide et phase mobile, gaz). Le fonctionnement du CPG est caractérisé par l'entraînement de l'extrait à l'aide du gaz vecteur (l'hélium He) ; l'injection qui se fait de façon automatique ; la séparation avec la colonne chromatographique ; la détection et l'acquisition et traitement des données. L'acquisition et le traitement du signal sont constitués par l'enregistrement en continu du signal et l'analyse qualitative (temps de rétention) et quantitative (surface du pic). L'identification et la quantification des molécules de pesticides sont réalisées grâce aux standards à partir desquels des courbes d'étalonnage ont été réalisées.

Tableau IV : Équipement de dosage correspondant aux familles chimiques ou molécules des résidus de pesticides recherchées.

Équipement	Familles chimiques ou molécules recherchées
Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG) avec un Détecteur à Capture d'Electron (ECD)	Organochloré, Pyrethrinoïdes, Carbamates
Chromatographie en Phase Gazeuse (CPG) avec et un Détecteur Phosphore Azote (NPD)	Organophosphoré, Azotésoufrés et Organoazotés
Chromatographie Liquide Haute Performance (HPLC) avec détecteur à fluorescence et détecteur à barrette de diode	Carbamates, glyphosate, diuron
Chromatographie en Phase Gazeuse-Spectrométrie de Masse (CPG-MS)	Confirmation des résultats obtenus

3.3. Utilisation du modèle PIRI pour l'évaluation des risques de contamination des eaux de surface par les pesticides chimiques

PIRI est un modèle qui permet de prédire le potentiel des pesticides chimiques à se déplacer hors de leur lieu d'application pour polluer les cours d'eau adjacents (CSIRO, 2001). Il est

aussi utilisé pour prédire l'impact toxicologique des pesticides sur les organismes non-cibles de l'environnement. Le logiciel PIRI prend en compte la mobilité des pesticides vers les eaux de surface, la mobilité des pesticides vers les eaux souterraines et les risques de contamination de l'eau potable (Kookana *et al.*, 2005).

PIRI est basé sur trois composantes (CSIRO, 2001) à savoir :

- La valeur évaluée (menace des ressources en eau, impact sur la santé humaine, sur l'écosystème ...);
- La source de la menace (utilisation de pesticides);
- La voie par laquelle la menace est évaluée, à savoir l'irrigation, l'érosion, le ruissellement et la dérive.

La concentration du pesticide dans les eaux réceptrices (C_{SW}) est calculée à partir de la charge de pesticides se déplaçant dans de l'eau de surface adjacente à la zone à traiter. Cela nécessite la prise en compte de la taille relative de la masse d'eau comparée à la taille du champ en traitement (WI) et la profondeur de l'eau H (m) dans le cours d'eau considéré. WI est l'indice de l'eau définie comme un rapport approximatif de la longueur du rivage du cours d'eau adjacent au périmètre de la zone à traiter (OCDE, 1998). Ainsi, selon Kookana *et al.* (2005), la concentration prédite (C_{SW} en kg/m^3) de pesticide dans l'eau de surface de profondeur H (m), adjacent à la zone traitée est :

$$C_{SW} = L \times T \times WI / H \text{ (équation 1),}$$

où L est la charge du pesticide appliqué sur le sol, T est le coefficient global de transport de surface pour chaque pesticide, H la profondeur du cours d'eau considéré.

PIRI classe chaque pesticide dans une des catégories suivantes : « très faible », « faible », « modéré », « élevé », « très élevé », et « extrêmement élevé ». Ces catégories traduisent le rang relatif de chaque pesticide suivant son potentiel à migrer hors du site d'application, plus qu'un autre qui est également soumis aux mêmes conditions du site, du sol et de l'environnement.

Dans notre contexte, les risques de pollution des eaux de surface sont évalués pour deux rivières (Kpélé et Vokpatara) situées dans le village de Komplan 2. Les caractéristiques des champs et des cours d'eau, mesurées pendant la période de l'étude sont dans le tableau V. La fréquence d'application des pesticides est de 2 et 1, respectivement pour les insecticides et les herbicides. Les pesticides chimiques considérés sont la Cyperméthrine, le lambda-

cyhalothrine, le profénofos, le paraquat dichloride, l'acétamipride, l'indoxacarb, la deltaméthrine, l'atrazine, le diuron et le glyphosate

Tableau V : Données métriques caractéristiques des rivières et des champs adjacents.

Rivières	Distance au champ de coton (m)	Diamètre moyen de la rivière (m)	Profondeur de la rivière (m)	% de matières organiques
Vokpatara	50	15	3	0,81
Kpélé	162	12	2,5	0,81

Les scénarios d'exposition sont définis comme suit pour chacune des rivières :

- Le scénario 1 est le cas réel où la teneur en matières organiques du sol est égal à 0,81 %, sans une zone tampon entre la parcelle traitée et le cours d'eau ;
- Le scénario 2 est le cas où la teneur en matières organiques du sol est égal à 0,81 % avec une zone tampon aménagée de 5 m entre la parcelle traitée et le cours d'eau ;
- Le scénario 3 est le cas où la teneur en matières organiques du sol est égal à 2 % sans une zone tampon entre la parcelle traitée et le cours d'eau ;
- Le scénario 4 est le cas où la teneur en matières organiques du sol est égale à 2 % avec une zone tampon aménagée de 5 m entre la parcelle traitée et le cours d'eau.

CHAPITRE IV. RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. Résultats

1.1. Enquêtes sur les pratiques agricoles

1.1.1. Identité des produits utilisés à Komplan 2 en culture cotonnière

1.1.1.1. Coton conventionnel

Le tableau VI fournit les données sur les formulations de pesticides chimiques utilisés pour la culture du coton conventionnel à Komplan 2.

Tableau VI : Pesticides chimiques recensés sur le terrain agricole à Komplan 2.

Formulations	Substances actives	Familles chimiques	Concentrations substances actives (g/L ou g/kg)	Doses (L/ha ou g/ha)
Insecticides				
AVAUNT 150 EC	Indoxacarb	Oxadiazine	150	0,17
LAMBACAL 636 EC	Lambda-cyhalothrine	Pyréthroïde	36	0,334
	Profenofos	Organophosphoré	600	
LAMBACAL 212 EC	Lambda-cyhalothrine	Pyréthroïde	12	1
	Profenofos	Organophosphoré	200	
CONQUEST 176 EC	Acétamipride	Néonicotinoïde	32	0,25
	Cyperméthrine	Pyréthroïde	144	
CONQUEST C 88 EC	Acétamipride	Néonicotinoïde	16	0,5
	Cyperméthrine	Pyréthroïde	72	
PHOENIX 88 EC	Acétamipride	Néonicotinoïde	16	0,5
	Cyperméthrine	Pyréthroïde	72	
LAMANET 46 EC	Lambda-cyhalothrine	Pyréthroïde	30	0,5
	Acétamipride	Néonicotinoïde	16	
DECIS 12 EC	Deltaméthrine	Pyréthroïde	12	1
Herbicides				
ROUNDUP 360 SL	Glyphosate	Phosphonoglycine	360	2 à 8
GRAMOQUAT SUPER 276 EC	Paraquat dichloride	Ammonium quaternaire	276	0,5
ACTION 80 DF	Diuron	Urée substituée	800	1
ATRAZILA 80 WP	Atrazine	Triazine	800	2-4

1.1.1.2. Coton biologique

Les produits utilisés dans les champs de coton biologique sont des biopesticides à base de microorganismes et d'extraits de plantes. Deux produits ont été recensés à Komplan 2 (tableau VII).

Tableau VII : Produits de traitement du coton biologique recensés à Komplan 2

Produit formulé	Substance active	Concentration (UI/mg)	Dose recommandée (g/ha)
BATIK WG	<i>Bacillus thuringiensis</i>	32.000	500
Extraits de neem	Azadirachtine	-	Indéterminée

1.1.2. Niveau d'instruction des producteurs

Le niveau d'instruction des producteurs est présenté dans la figure 8.

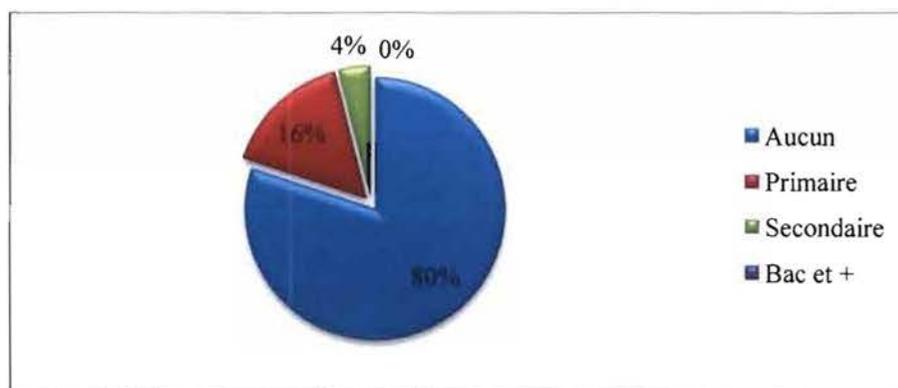


Figure 8 : Répartition des producteurs enquêtés en fonction du niveau d'instruction

1.1.3. Mode d'utilisation des pesticides

Les producteurs de coton à Komplan 2 utilisent tous des insecticides chimiques pour la protection du cotonnier conventionnel (100 % des enquêtés). De même 100 % des producteurs de coton biologique utilisent des insecticides biologiques et naturels pour la protection du coton biologique. Seulement deux producteurs ont utilisé des herbicides chimiques pour la préparation des champs de coton conventionnel. Ces herbicides sont le ROUNDUP, le GRAMOQUAT SUPER et l'ATRAZILA. A Komplan 2, la plupart des producteurs de coton conventionnel et coton biologique utilisent des méthodes manuelles pour la préparation des sols et le sarclage.

Quatre producteurs de coton conventionnel (29 %) ont respecté les six traitements recommandés. De même six producteurs ont respecté les doses d'application recommandées soit 43 %, tandis que 50 % des producteurs du coton conventionnel ont respecté les intervalles de deux semaines entre les traitements recommandés. L'ordre d'utilisation des produits par fenêtre a été suivi par 50 % des producteurs de coton conventionnel enquêtés.

Les enquêtes montrent que tous les producteurs (100 %) utilisent les pulvérisateurs à dos pour l'application des produits. Les pulvérisateurs sont de marque PAMATE et PANDORA de 16 L qui sont des appareils à pression et dépendent de la force de travail de l'opérateur. En dehors

des conseils des agents techniques d'encadrement, aucun producteur n'a reçu de formation sur la bonne utilisation des pesticides. Par contre, les conditions atmosphériques, notamment le moment et la direction du vent, sont prises en compte lors des traitements phytosanitaires par l'ensemble des producteurs.

Le diagnostic a permis également de savoir que les producteurs nettoient le matériel de pulvérisation à différents endroits. La figure 9 renseigne sur les lieux de lavage du matériel par les producteurs après les épandages.

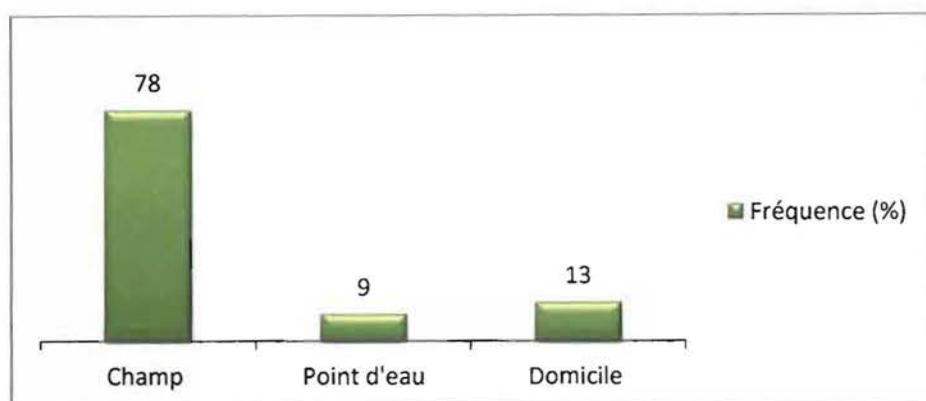


Figure 9 : Répartition des producteurs enquêtés en fonction du lieu de lavage du matériel de pulvérisation après les traitements.

La gestion des emballages après traitement a été également étudiée dans les pratiques phytosanitaires des producteurs. Le tableau XIII fait ressortir le mode de gestion des emballages après traitement.

Tableau XIII : Répartition des producteurs en fonction du mode de gestion des emballages après les traitements.

	Abandon dans la nature	Enfouissement dans le sol	Incinération	Utilisation domestique
Nombre de producteurs	14	6	1	0
Fréquence (%)	67	29	5	0

Les périodes de début et fin des traitements ont été étudiés et les résultats sont présentés dans le tableau IX.

Tableau IX : Répartition des producteurs selon la période des traitements

	Début des traitements			Fin des traitements			
	Juin	Juillet	Août	Juillet	Août	Septembre	Octobre
Nombre de producteur	3	6	14	2	7	12	2
Fréquence (%)	13	26	61	9	30	52	9

1.1.4. Nature et usage des points d'eau

Les points d'eau répertoriés sont deux rivières non permanentes et plusieurs petites mares saisonnières. Aucun puits, ni forage, ni barrage n'a été recensé près d'un champ de coton. Les points d'eau à proximité des champs de coton servent à l'usage domestique (boisson, lessive, toilette), à l'abreuvement du bétail, au maraîchage et aux activités de la pêche. Par ailleurs, dans ces points d'eau, sont couramment faits des prélèvements pour les larves de moustiques en vue de tests biologiques dans le cadre des protocoles d'études sur la résistance parasitaire par l'unité d'entomologie de l'Institut de Recherche en Sciences de la Santé/Direction Régionale de l'Ouest (IRSS/DRO). La résistance des vecteurs du paludisme aux pyréthrinoïdes et autres molécules utilisées dans le cadre de la lutte anti vectorielle et parasitaire a en effet été constatée en zone cotonnière.

1.1.5. Constats et perception des producteurs sur les risques environnementaux des pesticides

Tous les producteurs (100 %) ont reconnu que les pesticides chimiques en particulier pouvaient avoir des effets néfastes notamment sur les organismes non-cibles tels que les oiseaux, les vers de terre, les animaux terrestres et les poissons. Pour eux, les pesticides sont des poisons qui, s'ils peuvent tuer des chenilles, sont à même de tuer d'autres animaux en cas d'exposition à de fortes doses. Ils avouent cependant n'avoir pas remarqué de mort d'animaux, hormis les insectes, suite aux traitements phytosanitaires.

1.2. Dosage des résidus de pesticides

L'analyse des échantillons d'eau et de sol de la phase 1 n'a donné aucune teneur en résidus de pesticide suivant les limites de détection au LNSP.

Les résultats des analyses des échantillons de sol de la phase 2 sont présentés dans les tableaux X et XI. Les résultats complets de tous les pesticides recherchés sont donnés en annexe 8

Tableau X : Teneur des sols en résidus de pesticides utilisés sur le coton à Komplan 2.

Pesticides détectés	Teneur (mg/kg)/échantillon		
	Echantillon 2, sol champ biologique	Echantillon 2, sol champ conventionnel	Echantillon 3, sol champ conventionnel
COMPOSES AZOTES			
Diuron	29,03	22,63	105,50

L'analyse des échantillons de sol a permis de déterminer des quantités de résidus de Diuron aux teneurs de 29,03 mg/kg, 22,63 et 105 mg/kg dans trois échantillons.

Tableau XI : Autres molécules de pesticides identifiées dans certains échantillons de sol.

Molécule de pesticides	Echantillons								
	BIO. 1	BIO. 2	BIO.3	CONV. 1	CONV. 2	CONV.3	CONV. 4	CONV. 5	CONV. 6
Alléthrine		+							
Benzoylpropethyl						+			
Bromacil				+					
Chloroneb	+	+	+			+	+	+	
Dioxacarb			+						
Pyridate				+					

(+) : molécules détectées mais pas quantifiées.

Les résultats des analyses des échantillons d'eau de la phase 2 sont présentés dans le tableau XII. Les résultats complets de tous les pesticides recherchés sont donnés en annexe 8

Tableau XII : Teneur des eaux en résidus de pesticides utilisés sur coton à Komplan 2.

Famille chimique/pesticide détecté	Teneur (µg/L)
	Echantillon 6, eau proche de champ conventionnel
Deltaméthrine	0,0147
Lambda-cyhalothrine	1,49

Le dosage des résidus de pesticides chimiques dans les échantillons d'eau a permis de détecter des résidus de deltaméthrine (0,0147 µg/L) et lambda-cyhalothrine (1,49 µg/L) dans un seul échantillon, suivant les limites de quantification.

1.3. Résultats de l'utilisation du modèle PIRI pour l'évaluation des risques de contamination des eaux de surface par les pesticides chimiques

L'utilisation du modèle PIRI pour l'évaluation des risques de contamination des eaux de surface par les pesticides chimiques utilisés en culture conventionnelle, a donné les résultats par scénario qui sont présentés dans les tableaux XIII et XIV. Les pesticides sont classés du risque le plus élevé au risque le moins élevé selon leur potentiel à polluer les eaux de surface. Les interfaces de PIRI montrant le classement des pesticides sont données par scénario en annexe 6.

Tableau XIII : Classement des pesticides utilisés sur le coton conventionnel selon le risque de contamination des eaux de la rivière Kpélé à Komplan 2

Pesticide	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3		Scénario 4	
	Potentiel de pollution en kg/m ³	Classement du risque de mobilité	Potentiel de pollution en kg/m ³	Classement du risque de mobilité	Potentiel de pollution en kg/m ³	Classement du risque de mobilité	Potentiel de pollution en kg/m ³	Classement du risque de mobilité
Atrazine	3,85894	Elevé	1,52005	Elevé	3,58167	Elevé	1,41083	Elevé
Diuron	1,02945	Elevé	0,40550	Elevé	0,89746	Elevé	0,35351	Moyen
Glyphosate	0,17872	Moyen	0,07040	Moyen	0,17320	Moyen	0,06822	Moyen
Profenofos	0,14333	Moyen	0,05646	Moyen	0,12598	Moyen	0,04962	Moyen
Paraquat dichloride	0,03313	Faible	0,01305	Faible	0,03273	Faible	0,01289	Faible
Acétamipride	0,02497	Faible	0,00983	Très faible	0,02316	Faible	0,00912	Très faible
Cyperméthrine	0,01737	Faible	0,00684	Très faible	0,01741	Faible	0,00686	Très faible
Indoxacarb	0,01267	Faible	0,00499	Très faible	0,01203	Faible	0,00474	Très faible
Deltaméthrine	0,00588	Très faible	0,00232	Très faible	0,00588	Très faible	0,00232	Très faible
Lambda-cyhalothrine	0,00187	Très faible	0,00074	Très faible	0,00188	Très faible	0,00074	Très faible

Tableau XIV : Classement des pesticides utilisés sur le coton conventionnel selon le risque de contamination des eaux de la rivière Vokpatara à Komplan 2

Pesticide	Scénario 1		Scénario 2		Scénario 3		Scénario 4	
	Potentiel de pollution en kg/m ³	Classement du risque de mobilité	Potentiel de pollution en kg/m ³	Classement du risque de mobilité	Potentiel de pollution en kg/m ³	Classement du risque de mobilité	Potentiel de pollution en kg/m ³	Classement du risque de mobilité
Atrazine	3,86830	Elevé	1,52941	Elevé	3,59103	Elevé	1,42019	Elevé
Diuron	1,03413	Elevé	0,41018	Elevé	0,90214	Elevé	0,35819	Moyen
Glyphosate	0,18294	Moyen	0,07461	Moyen	0,17741	Moyen	0,07243	Moyen
Profenofos	0,14567	Moyen	0,05880	Moyen	0,12832	Moyen	0,05197	Moyen
Paraquat dichloride	0,03394	Faible	0,01386	Faible	0,03354	Faible	0,01370	Faible
Acétamipride	0,02506	Faible	0,00993	Très faible	0,02326	Faible	0,00922	Très faible
Cyperméthrine	0,01779	Faible	0,00726	Très faible	0,01783	Faible	0,00728	Très faible
Indoxacarb	0,01297	Faible	0,00529	Très faible	0,01233	Faible	0,00504	Très faible
Deltaméthrine	0,00603	Très faible	0,00246	Très faible	0,00603	Très faible	0,00246	Très faible
Lambda-cyhalothrine	0,00192	Très faible	0,00079	Très faible	0,00192	Très faible	0,00079	Très faible

Les résultats sont identiques quel que soit le cours d'eau considéré. L'atrazine présente le risque le plus élevé de contamination des eaux de surface. Il est suivi par le diuron. Les risques sont moyens pour l'herbicide glyphosate et l'insecticide profenofos. La deltaméthrine et le lambda-cyhalothrine présentent des risques très faibles.

II. Discussions

2.1. Enquêtes sur les pratiques agricoles

A Komplan 2, l'ensemble des producteurs de coton conventionnel utilisent les insecticides chimiques pour leur production cotonnière. De même, les producteurs de coton biologique utilisent les biopesticides. Les herbicides chimiques sont en revanche très peu utilisés par les producteurs de coton conventionnel (2 producteurs). La disponibilité de la main d'œuvre pour les travaux de préparation des champs et pour le désherbage ainsi que la faiblesse des superficies pourraient expliquer la faible utilisation des herbicides. Les insecticides chimiques et les bioinsecticides étant indispensables, ceux-ci sont fournis par les sociétés cotonnières généralement pour un décompte financier en fin de campagne. Dans le cas du coton biologique, seul le produit commercial BATIK est fourni aux producteurs par le service technique en charge du coton biologique. C'est un biopesticide à base de *Bacillus thuringiensis*. Les extraits de neem sont préparés par les producteurs de coton biologique sur indications des agents des services techniques. C'est un produit naturel fabriqué à partir des graines de neem (*Azadirachta indica*) dont la substance active est l'*Azadirachtine*.

Certains produits de traitement rencontrés à Komplan 2 n'ont pas été recommandés par les services techniques. Ce sont le DECIS 12 EC (deltaméthrine), GRAMOQUAT SUPER 276 EC (paraquat dichlorure) et ATRAZILA 80 WP (atrazine) qui sont des produits de traitement du coton conventionnel. Cette situation fait partie des mauvaises pratiques agricoles des producteurs qui ont tendance le plus souvent à utiliser frauduleusement des produits interdits, mais qu'ils jugent efficaces, occultant les impacts de ces derniers sur l'environnement. Cette pratique a été montrée par Toé *et al.* (2013) qui ont recensé au Burkina Faso 104 spécialités commerciales utilisées par les producteurs bien que à base de substances actives interdites de vente dans le pays.

Les producteurs en majorité n'ont pas respecté les programmes de traitement (les doses, les fréquences et les calendriers). Les travaux de Belem (1985) et de Gomgnimbou *et al.* (2010) respectivement en zone cotonnière à l'Ouest et de l'Est du Burkina, ont montré qu'en matière de lutte contre les déprédateurs du cotonnier, l'adéquation était loin d'être réalisée entre les

pratiques paysannes et les recommandations de l'encadrement technique. La conséquence de ce fait, pourrait être les cas de résistances (Georghiou *et al.*, 1977) pouvant conduire à l'utilisation de fortes doses ou des molécules très toxiques ou encore l'augmentation du nombre de traitements durant la campagne (Leclech, 1998).

Les producteurs en majorité ont commencé tardivement les traitements (61 % en Août). Les traitements ont pratiquement pris fin en Septembre (52 % en septembre contre 9 % en octobre pour les derniers traitements). Le début des traitements est fonction de la date des semis, lesquels ont été tardifs compte tenu de la pluviométrie capricieuse en début de la campagne 2013-2014.

Certains producteurs abandonnent les emballages vides dans la nature (67 %), tandis que d'autres les enterrent (29 %). Environ 9 % des producteurs lavent leurs matériels de pulvérisation dans les points d'eau environnants. Plusieurs études ont montré effectivement que certains producteurs abandonnaient les emballages vides dans la nature après les traitements (Ouédraogo *et al.*, 2009 ; Devez, 2004).

La plupart des producteurs à Komplan 2 n'ont pas fréquenté et ne savent ni écrire, ni lire (80 %). Par ailleurs, aucun producteur enquêté n'a suivi de formation sur les bonnes pratiques phytosanitaires. Les résultats des travaux de Ouédraogo *et al.* (2009) au Burkina et de Fayomi *et al.* (1998) au Bénin ont confirmé l'analphabétisme et le faible niveau d'instruction des utilisateurs et applicateurs des pesticides. Dans ces conditions les producteurs sont en effet incapables de lire et comprendre les étiquettes pour une bonne utilisation des produits.

2.2. Dosage des résidus de pesticides chimiques

La recherche de résidus de pesticides a conduit à des résultats diversifiés suivant le substrat analysé et l'échantillon considéré. Ainsi, le dosage des échantillons de sol a permis de mettre en évidence des résidus de l'herbicide diuron dans deux échantillons de sol de champ conventionnel et dans un échantillon de sol de champ biologique. Les analyses des échantillons d'eau ont permis également de mettre en évidence dans un seul échantillon d'eau proche d'un champ de coton conventionnel, des résidus de deux insecticides chimiques : la deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine.

2.2.1. Dosage des résidus de pesticides dans les sols

Les concentrations déterminées pour le diuron dans les sols sont de 29 mg/kg (échantillon de sol de coton biologique), 22,63 mg/kg et 105 mg/kg (les deux échantillons de sol de champs de coton conventionnel). Le diuron est un herbicide systémique de la classe des Phénylurées. Sa persistance est qualifiée de modérée avec un temps de demi-vie de 75,5 jours (Footprint PPDB, 2013c). Selon cette même source, des études au champ sur 7 types de sol dont les terrains sableux, argileux et limoneux (correspondant au type de sol à Komplan), indiquent un temps de demi-vie compris entre 20 et 231 jours. Cette variation des temps de demi-vie pourrait expliquer la persistance du diuron dans les sols à Komplan 2. De plus dans cette localité, les sols ont une faible teneur en matières organiques (0,81 %) (BUNASOLS, 1999) et donc une faible activité microbienne, ce qui ne favorise pas la dégradation du diuron, mais plutôt sa persistance dans le milieu. Le diuron est modérément mobile dans le sol ($K_{OC} = 813$ mL/g) (Footprint PPDB, 2013c). Cela pourrait expliquer également sa persistance dans le sol. Un autre facteur serait lié au non-respect des programmes de traitement et la mauvaise gestion notamment des emballages.

Un échantillon de sol de champ biologique contient du diuron (29,03 μ g/kg) alors que les pesticides conventionnels sont interdits dans la culture biologique. Cela pourrait être expliqué par une utilisation frauduleuse ou accidentelle de cet herbicide d'une part ou un entrainement par ruissellement de celui-ci sur des distances à partir du point où il a été utilisé, surtout si les conditions d'installation du champ biologique n'ont pas respecté les normes de 100 m minimum entre un champ de culture biologique et un autre de culture conventionnelle. Cette norme est passée à 50 m depuis juillet 2013 (Koulibaly, 2013).

Six (06) pesticides chimiques (alléthrine, benzoylprop-ethyl, bromacil, chloroneb, dioxacarb, pyridate) ont été détectés dans certains échantillons de sol, mais n'ont pas été quantifiés. Le LNSP ne dispose pas encore de standards et de méthodes appropriées pour le dosage de ces molécules. Aucune formulation recensée sur le terrain ne contient ces substances actives. Leur usage peut relever d'une utilisation frauduleuse.

2.2.2. Dosage des résidus de pesticides dans les échantillons d'eau de surface

La deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine ont été détectées dans les échantillons d'eau respectivement aux concentrations de 0,0147 μ g/L et 1,49 μ g/L. Ces substances actives présentent des Koc de 157450 mL/g (Agritox, 2011) et 10240000 mL/g (Footprint PPDB, 2013b ; Footprint PPDB, 2013d). Ces molécules étant faiblement adsorbées, elles présentent

une tendance à la mobilité vers les eaux de surface. Les temps de demi-vie par hydrolyse dans l'eau à 20 °C et pH 7 montrent que ces deux molécules sont stables et très persistantes dans l'eau (Footprint PPDB, 2013b ; Footprint PPDB, 2013d). Les quantités des deux molécules détectées dans l'eau, placent la lambda-cyhalothrine au-dessus de la norme Européenne pour l'eau de boisson dont la directive du 03 janvier 1989 stipule que l'eau de boisson ne doit pas contenir plus de 0,1 ppm de résidus d'un pesticide et 0,5 ppm pour le cumul de pesticides.

Aucun résidu de biopesticide n'a été dosé au cours des analyses. En effet, les protocoles du LNSP ne permettent pas pour l'instant une recherche systématique de résidus de biopesticide. Les temps de demi-vie de *Bt* et de l'*Azadirachtine* sont respectivement de 2,7 et 5 jours (Footprint BPDB, 2013b ; Footprint PPDB, 2013a). Par hydrolyse, le temps de demi-vie des extraits de neem à 20 °C et pH 7 est de 13 jours (Footprint BPDB, 2013a). Ces données montrent que ces molécules ont tendance à se dégrader rapidement et à ne pas persister longtemps dans le milieu.

2.3. Utilisation du modèle PIRI pour l'évaluation des risques de contamination des eaux de surface par les pesticides

L'évaluation des risques de contamination des eaux de surface avec le modèle PIRI a montré que l'atrazine et le diuron présentent les risques les plus élevés de contamination des eaux de surface. Ces herbicides présentent une certaine mobilité vers les eaux au regard des K_{OC} de 100 et 850 mL/g respectivement pour l'atrazine et le diuron (Footprint PPDB, 2013a ; Footprint PPDB, 2013c). En effet, elles s'adsorbent moins aux particules du sol.

Les résultats comparés entre les scénarios avec zone tampon (5 m) et sans zone tampon montrent que les risques sont réduits de plus de la moitié avec la présence de la zone tampon, au regard des concentrations prédites pour l'eau de surface. Par exemple pour l'atrazine, PIRI donne une concentration de 3,85894 kg/m³ contre 1,52005 kg/m³ avec la présence de la zone tampon. Le risque de contamination est passé ainsi de faible à très faible pour les insecticides acétamipride, cyperméthrine et indoxacarb. La zone tampon pourrait donc contribuer à réduire les risques de contamination des eaux de surface. En effet, selon Trainer et Volker (2008), la zone tampon a une grande influence sur la réduction du risque de pollution des eaux par les pesticides chimiques.

L'analyse des résultats des scénarios sur la base de la teneur en matières organiques (0,81 contre 2 %) n'a pas modifié sensiblement le niveau du risque pour les eaux de surface avec le modèle PIRI en considérant aussi bien les concentrations que le rang dans le classement des

pesticides. Cela pourrait être dû au fait que la variation entre les teneurs en matières organiques dans les scénarios est faible pour induire une différence importante dans le risque de contamination des eaux de surface.

Les risques sont globalement réduits dans le scénario avec une zone tampon (5 m) et une teneur en matières organiques de 2 % comparativement au scénario sans zone tampon et une teneur en matières organiques 0,81 %. Ainsi, les risques sont passés de « élevé » à « moyen » pour le diuron et de « faible » à « très faible » pour les insecticides acétamipride, cyperméthrine et indoxacarb. Les concentrations confirment également que pour tous les pesticides utilisés, les risques sont réduits de plus de la moitié avec les scénarios avec zone tampon (5 m) et teneur en matières organiques 2 %. La présence d'une zone tampon combinée avec une amélioration de la teneur en matières organiques a montré une réduction des risques. Les résultats sont conformes à ceux de Ouédraogo *et al.* (2012) dans le cas de la canne à sucre. Ils ont montré avec PIRI que les risques pour les rivières et lacs pouvaient passer de très élevé à moyen pour certaines molécules en considérant les scénarios avec zone tampon et teneur en matières organiques élevée. Plusieurs auteurs ont en effet mis en évidence l'importance notamment de la zone tampon dans les processus de rétention et de dégradation des pesticides (Calvet *et al.*, 2005 ; Savadogo *et al.*, 2006). Quant à la matière organique, elle adsorbe les pesticides, augmente leur temps de séjour dans les sols et pourrait favoriser leur dégradation par les microorganismes (Savadogo *et al.*, 2006).

La comparaison avec les résultats du dosage montre que la deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine ont été aussi détectés par le modèle mais à des rangs très faibles quel que soit le scénario. Les mauvaises pratiques des producteurs pourraient expliquer ce fait.

Le modèle PIRI ne permet pas d'évaluer le risque de contamination des eaux par les biopesticides. En revanche, l'évaluation basée uniquement sur les propriétés physicochimiques notamment la mobilité, montre que le *Bt* et l'*Azadirachtine* ont respectivement des valeurs de K_{OC} de 5000 et 180 mL/g (Footprint BPDB, 2013b ; Footprint PPDB, 2013a). Ce qui montre la très faible mobilité du *Bt* et de la mobilité modérée de l'*Azadirachtine* dans les sols présentant un risque faible de pollution des eaux de surface dans les bonnes conditions de leur emploi. Par ailleurs, selon Blanchart *et al.* (2005), les études réalisées en zone tropicale sur les impacts environnementaux de l'agriculture biologique en général, sont plus rares et souvent peu conventionnelles. Mais les résultats tendent à montrer la supériorité de cette agriculture par rapport à l'agriculture conventionnelle en termes de

sauvegarde de l'environnement. Toutefois, pour ce qui concerne la gestion des nuisibles, essayer de faire ce qui est le mieux pour l'environnement, importe de toujours regarder chaque pesticide utilisé et faire une sélection reposant sur le quotient d'impact environnemental plutôt que de regarder simplement s'il s'agit d'un produit naturel ou synthétique.

2.4. Discussion globale

Dans l'ensemble, l'analyse des pratiques agricoles a mis en évidence l'utilisation des pesticides par les producteurs dans le cadre de la protection du cotonnier en production conventionnelle (insecticides et herbicides chimiques) et biologique (biopesticides). En outre, l'analyse a fait ressortir le non respect des bonnes pratiques agricoles par les producteurs en matière d'utilisation des pesticides. Toute chose qui a causé la présence de résidus de pesticides détectée par l'analyse chromatographique de résidus de pesticides chimiques dans les échantillons de sol (lambda-cyhalothrine et deltaméthrine détectées) et dans un échantillon d'eau (diuron détecté). Aussi l'utilisation du modèle PIRI a permis de prédire et d'estimer le risque de contamination des eaux de surface par les pesticides chimiques sur la base de plusieurs données. Il s'agit en effet des données agronomiques d'utilisation des pesticides notamment le mode de leur utilisation recommandé, les doses d'application, les fréquences d'application ; des données pédologiques comme le type de sol et la teneur en matière organique du sol, tout comme les données relatives au climat (pluviométrie, température moyenne) et topographiques notamment la pente du terrain. Le modèle PIRI se présente comme un outil d'aide à la décision dans la mesure où la prise en compte des données agronomiques, technologiques, météorologiques, pédologiques et topographiques ont permis de prédire le risque de l'utilisation de chaque pesticide pour les eaux. Il offre ainsi la possibilité de choix du pesticide présentant le moins de risque pour l'environnement aquatique et par conséquent pour la santé des populations.

Cette évaluation des risques de dispersion des pesticides se révèle complexe car les informations obtenues sont toujours contingentes d'une molécule et d'une situation agropédoclimatique donnée. La limitation de la dispersion des pesticides et de leurs conséquences sur l'environnement passe nécessairement par la conservation des propriétés des sols, donc par leur protection (calvet *et al.*, 2005).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion

L'étude des risques environnementaux liés à l'utilisation des pesticides dans deux agro-écosystèmes à base de coton conventionnel et de coton biologique a permis de recenser des pesticides spécifiques à chaque type de coton. D'autres produits par contre interdits au Burkina Faso ont été utilisés. L'analyse basée sur les pratiques agricoles a montré que les producteurs n'utilisent pas les produits suivant les BPA dans les deux agro-écosystèmes. Les programmes de traitement ne sont pas respectés par la plupart des producteurs. De même, une mauvaise gestion des emballages et du matériel de pulvérisation a été notée. De plus, l'illettrisme des producteurs a contribué à aggraver les mauvaises pratiques et accroître le risque de pollution de l'environnement.

Aussi, le dosage des résidus de pesticides chimiques dans les échantillons d'eau et de sol, a permis de détecter le diuron dans 3 échantillons de sol dont un échantillon de sol de champ de coton biologique. Ce qui montre bien la difficulté à faire cohabiter les deux types de production. Les dosages ont également permis de détecter la deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine dans deux échantillons d'eau proches d'un champ de coton conventionnel. La lambda-cyhalothrine a été détectée au-dessus de la norme Européenne pour l'eau de boisson.

L'analyse des eaux et des sols pour les résidus de biopesticide est encore impossible suivant les protocoles du LNSP. Toutefois, les valeurs des temps de demi-vie et de la mobilité de ces biopesticides indiquent la non-persistance et la plus ou moins faible mobilité vers les eaux de surface. De ce point de vue, ces molécules n'ont pas tendance à s'accumuler dans l'environnement, ce qui pourrait rendre improbable leur détection dans les matrices de l'environnement.

L'évaluation des risques de contamination des eaux de surface par l'utilisation du modèle PIRI a montré que l'atrazine présente le risque le plus élevé de contamination des eaux de surface à Komplan 2. La deltaméthrine et la lambda-cyhalothrine qui ont été détectées par dosage de résidus dans les échantillons d'eau de surface, présentent également selon le modèle PIRI des risques de contamination pour les eaux de surface, toutefois à des risques faibles. Le modèle semble «fiable» pour prédire les risques de contamination des eaux de surface par les pesticides chimiques. Cependant, les mauvaises pratiques agricoles des producteurs peuvent rendre difficile la comparaison des résultats du modèle avec ceux des

dosages. Néanmoins, le modèle sert d'outil de prise de décision dans le choix des pesticides présentant les plus faibles risques de contamination des eaux de surface.

Globalement les risques sont considérablement réduits en présence d'une zone tampon avec une augmentation de la teneur en matières organiques. Un système d'aménagement environnemental basé sur la création d'une zone tampon avec des espèces végétales appropriées au niveau des exploitations s'avère nécessaire. Un tel système doit aller de pair avec l'utilisation de molécules de pesticides efficaces ayant des caractéristiques moins polluantes, employés à faible dose.

Les méthodes d'analyses de laboratoire et l'utilisation du modèle PIRI ne sont pas appropriées pour les biopesticides. Par contre, suivant le devenir environnemental, ces produits de traitement en culture biologique présentent peu ou pas de risques environnementaux au Burkina Faso. Ce qui pourrait confirmer le fait que la culture du coton biologique entraîne moins de risques environnementaux comparativement à la culture du coton conventionnel du point de vue de l'utilisation des produits phytosanitaires.

Perspectives

L'étude sur les risques environnementaux liés à l'utilisation des pesticides dans deux agro-écosystèmes à base de coton conventionnel et de coton biologique s'est déroulée dans la seule zone cotonnière de Diébougou et dans le village de Komplan 2. Ce qui représente une seule réalité agropédoclimatique. Ces résultats ne sont pas représentatifs de la réalité de l'ensemble du pays. Des études similaires doivent être menées dans plusieurs localités à écologie similaire mais aussi dans des localités aux conditions agropédoclimatiques différentes.

Dans cette étude, les analyses ont concerné des dosages de résidus de certaines familles de pesticides. Les méthodes de dosage utilisées ont concerné uniquement les pesticides chimiques utilisés en culture conventionnel, occultant non seulement d'autres familles de pesticides chimiques mais les pesticides utilisés en culture biologique. D'autres études doivent inclure l'ensemble des familles de produits phytosanitaires rencontrés sur le terrain agricole.

De plus, il serait nécessaire de développer et de mettre en œuvre un système de management environnemental (bande tampon enherbée) pour réduire les risques de pollution des eaux de surfaces notamment.

REFERENCES

- Agritox, 2011.** Base de données sur les substances actives phytopharmaceutiques, Lambda-cyhalothrine. Consulté le 18/03/2013 : <http://www.agritox.anses.fr/php/sa.php?sa=255>.
- ATC Dano, 2013.** Régistre de relevé pluviométrique, communication personnelle.
- Barriuso E., Calvet R., Schiavon M., Soulas G., 1997.** Les pesticides et les polluants organiques des sols. Transformations et dissipation. *Etud. Gest. Sols* 3/4, 279-295 (Numéro spécial).
- Belem C., 1985.** Coton et système de production dans l'Ouest au Burkina Faso. Université de Montpellier III, Thèse de 3^{ème} cycle en géographie de l'aménagement. 350p.
- Bintein S. et Devillers J., 1996.** Evaluating the environmental fate of atrazine in France. *Chemosphere*, Volume 32, Issue 12, June 1996, Pages 2441–2456.
- Blanchart E., Cabidoche Y. M., Gautronneau Y., Moreau R., 2005.** Les aspects spatiaux et environnementaux de l'agriculture biologique. IRD éditions 2005. *Agriculture biologique en Martinique* Chapitre 6 – E. BLANCHART (Coord.). 55p.
- BUNASOLS, 2000.** Etude morpho pédologique des provinces de la Bougouriba et du Ioba, échelle : 1/100 000. Rapport technique n° 121, Septembre 2000, 69p.
- Calvet R., Barriuso E., Bénéoit P., Charnay M. P., Coquet Y., 2005.** Les pesticides dans le sol : conséquences agronomiques et environnementales. Editions, France Agricole, 637p.
- Cauquil J., 1986.** Maladies et ravageurs du cotonnier en Afrique au Sud du Sahara. Institut national de la recherche agronomique, Centre de Versailles-Grignon (France) INRA. 60p.
- CSIRO, 2001.** Pesticide Impact Rating Index. Mis à jour le 14 octobre 2011. Consulté le 20/01/2014 à partir de l'URL: <http://www.csiro.au/piri>.
- Devez A., 2004.** Caractérisation des risques induits par les activités agricoles sur les écosystèmes aquatiques. Thèse de doctorat : École Nationale du Génie Rural des Eaux et des Forêts (ENGREF), HydroSciences Montpellier (HSM).
- DFG, 1987.** Manual of pesticide residue analysis. pesticide commission. [Ed. by Hans-Peter Thier and Hans Zeumer. -Weinheim ; New York : VCH. Vol. 1 (1987) ISBN 3-527-27010-8. 28p.
- Emans H. J. B., Beek M. A., Linders J. B. H. J., 1992.** Evaluation system for pesticides (ESPE) 1. Agricultural pesticides. National Institute of Public Health and Environmental Protection (RIVM), report n°679101004, Bilthoven, Pays-Bas. pp 83.
- EPA, 2012 :** Water models. Consulté le 10/08/2012. URL : <http://www.epa.gov/oppefed1/models/water/>.
- Fayomi B., Lafia E., Fourn L., Akpona S., Zohoun T., 1998.** Connaissance et comportement des utilisateurs de pesticides au Bénin. *African Newsletter* 1998 ; 2 : 40-43.

- Footprint BPDB. 2013a.** The FOOTPRINT Biopesticide Properties DataBase, Azadirachtine. Consulté le 12 mars 2014. URL : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/bpdb/46.htm>.
- Footprint BPDB. 2013b.** The FOOTPRINT Biopesticide Properties DataBase, *Bacillus thuringiensis*. Consulté le 12/03/2014. URL : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/bpdb/Reports/1944.htm>.
- Footprint PPDB, 2013a.** The FOOTPRINT Pesticide properties DataBase, Atrazine. Consulté le 13/11/2013. URL : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/43.htm>.
- Footprint PPDB. 2013b.** The FOOTPRINT Pesticide Properties DataBase, Deltaméthrine. Consulté le 13/11/2013. URL : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/205.htm>.
- Footprint PPDB. 2013c.** The FOOTPRINT Pesticide Properties DataBase, Diuron. Consulté le 13/11/2013. URL : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/260.htm>.
- Footprint PPDB. 2013d.** The FOOTPRINT Pesticide Properties DataBase, Lambda-cyhalothrine. Consulté le 13/11/2013. URL : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/415.htm>.
- Footprint PPDB. 2013e.** The FOOTPRINT Pesticide Properties DataBase, paraquat dichloride. Consulté le 13/11/2013. URL : <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1524.htm>.
- Fournier E. et Bonderef J., 1983.** Les produits antiparasitaires à usage agricole. Conditions d'utilisation et toxicologie. Tec. et doc. Lavoisier, paris, 334 p.
- Georghiou G. P. et Taylor C.E., 1977.** Pesticides resistance as an evolutionary phenomenon. : Proceedings of the 15th International congress of entomolgy, Washington, 759-785.
- Gomgnimbou A. P. K., Sawadogo P. W., Nianogo A. J., Millogo-Rasolodimby J., 2010.** Pratiques agricoles et perceptions paysannes des impacts environnementaux de la cotonculture dans la province de la Kompienga (Burkina Faso). Science et Nature volume 7, 165-175.
- Gomgnimbou A. P. K., Savadogo P. W., Nianogo A. J., Millogo-Rasolodimby J., 2009.** Usage des intrants chimiques dans un agrosystème tropical: diagnostic du risque de pollution environnementale dans la région cotonnière de l'est du Burkina Faso. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 13(4), 499-507.
- Guigon-Moreau E., 2006.** Transfert des pesticides vers les eaux superficielles et l'atmosphère : caractérisation et modélisation sur le bassin versant de la vesle. Mémoire de thèse pour l'obtention du titre de docteur de l'université Pierre et Marie Curie : spécialité géoscience et ressources naturelles (ED 398) N°2006-28, Université Paris VI-Pierre et Marie Curie-UFR Sciences de la Terre. 213p.
- Gustafson D. I., 1994.** New advances in predicting pesticide fate and transport. In Copin A., Houins G., Pussemier L. et Salembier J. F. : Environmental behaviour of pesticides and regulatory aspects. European Study Service, Rixensart, Belgique, 453-458.
- Hayo M. G. et Van Der W., 1997.** Evaluer l'impact des pesticides sur l'environnement. Courrier de l'environnement de l'INRA n°31, 18 p.

- Helvetas, 2008.** Guide de production du coton biologique et équitable. un manuel de référence pour l'Afrique de l'Ouest, 48 p.
- IAU, 2010.** Produits phytosanitaires risques pour l'environnement et la santé : Connaissances des usages en zone non agricole, IAU île de France / ORS, 61p.
- INERA, 2013.** Manuel d'identification des ravageurs du cotonnier. Document réalisé en collaboration avec la SOFITEX et des images pour la plupart tirées du support ENTODOC du CIRAD. 35p.
- Konan N. O. et Mergeai G., 2007.** Possibilités d'amélioration de la principale espèce cultivée de cotonnier (*Gossypium hirsutum L.*) pour la résistance au nématode réniforme (*Rotylenchulus reniformis* Linford et Oliveira), Biotechnol. Agron. Soc. Environ., Volume 11, numéro 2, 159-171.
- Kookana R. S, Correll R. L. and Miller R. B., 2005.** Pesticide impact rating index. A pesticide risk indicator for water quality. Water, Air, and Soil Pollution, 45-65.
- Koulibaly B., 2013.** Les zones de refuge, biosécurité, bandes de sécurité. Communication à un séminaire de formation des agents techniques du coton biologique. Koudougou (Burkina Faso), le 13 juillet 2013.
- Lawson A. J., 2008.** Effet de différentes pratiques de taille sur l'amélioration des performances agronomiques du cotonnier *Gossypium hirsutum L.* Université de Parakou (Bénin). 57p.
- Leclech H. B., 1998.** Environnement et agriculture. 2^{ème} édition Bordeaux, France. Édition synthèse agricole. 341p.
- Mahaut T., Deleu R., Rasquin B., Schiffers B., 2001.** Comparaison de la toxicité directe et des effets sublétaux de 4 pesticides à l'égard de différents stades de développement d'*Adalia bipunctata* (Coleoptera, coccinellidae). Actes du 30^{ème} congrès du groupe français des pesticides, 183-189.
- Majewski M. S., Foreman W. T., Goolsby D. A., Nakagak N., 1998.** Airborne pesticides residues along the Mississippi River. Environmental Science and Technology, 3689-3698.
- Mamy L., Barriuso E., Gabrielle B., 2008.** Evaluer les risques environnementaux des pesticides Exemple du désherbage des cultures résistantes ou non au glyphosate. Innovations Agronomiques, 121-143.
- Mathieu C., Pieltain F., 1998.** Analyse physique des sols : Méthodes choisies. Edition TEC et DOC, 274p.
- MECV, 2011.** Analyse économique du secteur du coton, liens pauvreté et environnement. Burkina Faso, Ministère de l'Environnement et du Cadre de Vie (MECV). Projet Initiative Pauvreté Environnement (IPE). Rapport final, août 2011, 60p.
- Merhi M., 2008.** Etude de l'impact de l'exposition à des mélanges de pesticides à faibles doses : caractérisation des effets sur des lignées cellulaires humaines et sur le système hématopoïétique murin. Thèse en vue de l'obtention du doctorat de l'Université de Toulouse. Délivré par l'Institut National Polytechnique de Toulouse. Discipline ou

spécialité : Pathologie, Toxicologie, Génétique & Nutrition. Ecole doctorale SEVAB, Unité de recherche : INRA-UMR 1089 Xénobiotiques, 140p.

Miller M. G., 1995. Manuel sur le contrôle de la qualité des produits alimentaires. 13. Analyses de résidus de pesticides dans les laboratoires de contrôle de qualité des aliments. Etude FAO : alimentation de nutrition 14/13 ISSN 1014-2908, 190p.

Muhamad H., Ramli M. I., Zakaria Z. and Sahid I., 2013. The fate of diuron in soil in a Malaysian oil palm plantation. Journal of Oil Palm Research Vol. 25 (1), 147-158.

Ndao T., 2008. Etude des principaux paramètres permettant une évaluation et une réduction des risques d'exposition des opérateurs lors de l'application de traitements phytosanitaires en culture maraîchère et cotonnière au Sénégal. Dissertation originale présentée en vue de l'obtention du grade de docteur en sciences agronomiques et ingénierie biologique. Communauté Française de Belgique, Académie Universitaire Wallonie-Europe, Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux. 278p.

N'Djafa O. H., Traore S., Botoni E., 2010. Essai de définition d'un cadre régional d'adaptation de l'agriculture ouest africaine aux changements climatiques. Présentation personnelle pour le CILSS/Centre Régional AGRHYMET ; synthèse des travaux du séminaire organisé par le Centre technique de coopération agricole et rurale (CTA) sur les « Implications du changement climatique sur les systèmes de production agricole durables dans les pays ACP Quelles stratégies d'information et de communication ? », Ouagadougou, Burkina Faso 26-31 octobre 2008. 46-47.

Nebié R. C., Yaméogo T. R. et Sié S., 2002. Résidus de pesticides dans quelques produits alimentaires de grande consommation au Burkina Faso. Bull. Inf. SOACHIM, 4, 68-67.

OCDE, 1998. Pesticide Aquatic Risk Indicators Project: Annex 2: Report of Phase 1 of the OECD Secretariat, France. Consulté le 20/01/2014 à partir de l'URL : <http://www.oecd.org/dataoecd/31/36/2078678.pdf>.

Ouédraogo R., 2010. Etude des risques toxicologiques - écotoxicologiques engendrés par la culture de la canne à sucre et la production de sucre dans le périmètre sucrier de la nouvelle société sucrière de la comoé (SN-SOSUCO) au Burkina Faso : mémoire DEA. Université de Ouagadougou, UFR/SDS, troisième cycle spécialisé et doctoral en toxicologie appliquée, laboratoire de toxicologie. 124p.

Ouédraogo M. Tankoano A. Ouédraogo Z. T. et Guissou, I. P., 2009. Etude des facteurs de risques d'intoxications chez les utilisateurs de pesticides dans la région cotonnière de Fada N'Gourma au Burkina Faso. Environnement, Risques & Santé, Vol. 8, No. 4, 343-347.

Ouédraogo R., Pare S, Toe A. M., et Guissou I. P., 2012. Pesticides risk assessment by PIRI for surface water in sugar cane cultivation in Burkina Faso. Journal of Environmental Hydrology, Volume 20, 10p.

Parry G., 1982. Le cotonnier et ses produits. G - P. Maisonneuve et Larose, Paris (Ve), 502p.

Peltzer R., 2005. Lutte contre la pauvreté grâce à la culture du coton. Agriculture et développement rural 2/2005, 22-25.

- Pimentel D., 1995.** Amounts of pesticides reaching target pests: environmental impacts and ethics. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, Vol. 8, 17-29.
- Ramade F., 1992.** Précis d'écotoxicologie. Ed. Masson, 300p.
- Savadogo P. W., Traoré O., Topan M., Tapsoba K. H., Sedogo P. M. et Bonzi-Coulibaly L. Y., 2006.** Variation de la teneur en résidus de pesticides dans les sols de la zone cotonnière du Burkina Faso. *Journal Africain des Sciences de l'Environnement*, Numéro 1, 29-39p.
- Schiavon M., Perrin-Ganier C., Portal J. M., 1995.** La pollution de l'eau par les produits phytosanitaires : Etat et origine. *Agronomie (1995)* 15, 157-170. Elsevier/INRA.
- Spencer W. F., Cliath, M. M., 1990.** Movement of pesticides from soil to the atmosphere. *In* Kurtz D. A. : Long range transport of pesticides. Lewis publishers, Chelsea, Michigan, USA, 1-16.
- Tapsoba K. H., Pare S., Bonzi-Coulibaly L.Y., 2008.** Endosulfan residues in soils from three Cotton-growing areas in Burkina Faso. *Science et technique, Sciences appliquées et Technologies*, Vol. 2, pp. 51-58.
- Teófilo R. F., Reis E. L., Reis C., Da Silva G. A., Paiva J. F. and Kubota L. T., 2008.** Using DPV Optimized by Response Surface Methodology. *Portugaliae Electrochimica Acta* 26/4 (2008) 325-337.
- Toé A. M., Domo Y., Hema S. A. O.; Guissou I. P., 2000.** Épidémiologie des intoxications aux pesticides et activité cholinestérasique sérique chez les producteurs de coton de la zone cotonnière de la Boucle du Mouhoun. *Études et Recherches Sahéliennes*. Numéro spécial. Les pesticides au Sahel. Utilisation, Impact et Alternatives, 39-48.
- Toé A. M., Guissou I. P., Héma O. S., 2002.** Contribution à la Toxicologie Agro-Industrielle au Burkina Faso. Étude des intoxications d'agriculteurs par des pesticides en zone cotonnière du Mouhoun. Résultats, analyse et propositions de prise en charge du problème. *Revue de médecine de travail*, tome XXIX, numéro unique, 59-64.
- Toé A. M., Kinane M. L., Kone S., Sanfo-Boyarm E., 2004.** Le non respect des bonnes pratiques agricoles dans l'utilisation de l'endosulfan comme insecticide en culture cotonnière au Burkina Faso : quelques conséquences pour la santé humaine et l'environnement. *Revue Africaine de Santé et de Production Animale (RASPA)*, vol. 2, N°3-4, 275-278.
- Toé A. M., Ouédraogo R., Pare S., 2012.** Groundwater risk assessment of pesticides used by SN-SOSUCO for sugar cane cultivation in Burkina Faso: *Journal of Environmental Hydrology*, Volume 20, 9p.
- Toé A. M., Ouedraogo M., Ouedraogo R., Ilboudo S., Guissou P. I., 2013.** Pilot study on agricultural pesticide poisoning in Burkina Faso. *Interdiscip Toxicol.* 2013; Vol. 6(4), 185-191.
- Ton P., 2006.** Promouvoir la production plus durable de coton : Possibilités au Burkina Faso et au Mali. Dans le cadre de l'initiative conjointe FAO-PNUE "Accroître les bénéfices

environnementaux et le volume de la production durable de coton en Afrique de l'Ouest : une approche de marché". Rapport final, mars 2006, 70p.

Trainer, E. et Volker P., 2008. Assessing runoff water quality following pesticide applications for validation of the PIRI risk assessment tool. Division of Forest Research and Development, Technical Report 02/2008, Forestry Tasmania, Hobart, 13p.

Traoré O., 2008. Les succès de la lutte intégrée contre les ravageurs du cotonnier en Afrique de l'Ouest. 67^{ème} réunion plénière de l'ICAC. Ouagadougou (Burkina Faso), 16-21 novembre 2008, 11p.

Van Der Valk H., Diarra A. 2000. Pesticide use and management in the African Sahel-An overview. *Études et Recherches Sahéliennes* ; 4-5:13-27

Van Pul W. A. J., Bidleman T. F., Brorstrom-Lunden, E., 1999. Atmospheric transport and deposition of pesticides: an assessment of current knowledge. *Water and Soil Pollution*, 115, 245-256.

Voltz M. et Louchart X., 2001. Les facteurs-clés de transfert des produits phytosanitaires vers les eaux de surface. *Ingénieries 2001. N° Spécial Phytosanitaires Montpellier*, 45-54.

ANNEXES

ANNEXES

Annexe 1 : Critères de classification des pesticides selon la solubilité, le K_{OC} et la DT_{50}

Paramètres	Valeur seuil	Qualificatif
Solubilité dans l'eau (mg/L)	≤ 50	Faible
	50 – 500	Modéré
	> 500	Elevé

Valeurs de K_{OC}			Risque de transport
$C_{org}=0,1\%$	$C_{org}=1\%$	$C_{org}=10\%$	Élevé Modéré Faible
< 1000	< 100	< 10	
1000 à 10000	100 à 1000	10 à 100	
> 10000	> 1000	> 100	

C_{org} = teneur de sol en carbone organique

Temps de demi-vie (en jours)	Qualification de la vitesse de dégradation	Persistance
$DT_{50} < 36$	Grande	Petite
$36 \leq DT_{50} < 55$	Moyenne	Moyenne
$55 \leq DT_{50} < 108$	Petite	Grande

Annexe 2 : Paramètres physico-chimiques, toxicologiques et environnementales des substances actives des produits utilisés à Komplan 2

Substances actives	Koc (mL/g)	Sw (mg/L)	DT ₅₀ (jours) Sol	DT ₅₀ (jours) hydrolyse à 20 °C et pH 7	Indice GUS	Classe OMS
Acétamipride	200	2950	3	Stable	0,94	II
Atrazine	100	35	75	86	3,30	III
Azadirachtine	180	2900	5	13	-	IV
<i>Bacillus thuringiensis</i>	5000	10	2,7	-	-	III
Cyperméthine	156250	0,009	60	179	-2,12	II
Deltaméthrine	10240000	0,0002	13	Stable	-3,35	II
Diuron	813	35,6	75,5	Stable	1,83	III
Glyphosate	1435	10500	12	Stable	-0,49	III
Indoxacarb	6450	0,2	17	22	0,23	II
Lambda-cyhalothrine	-	0,005	70,9	Stable	-2,22	II
Paraquat dichloride	1000000	620000	3000	Stable	3000	II
Profenophos	2016	28	7	Stable	0,59	II

Source : Footprint PPDB, 2013a,b,c,d,e ; Footprint BPDB, 2013a,b, .

Annexe 3 : Matériel de dosage des échantillons au laboratoire

Analyse des échantillons d'eau

Appareils

- *Table d'agitation pour ampoule à décanter*
- *Evaporateur rotatif*
- *Evaporateur sous flux gazeux*
- *Chromatographe à gaz doté d'un détecteur à capture d'électrons*
- *Chromatographe à gaz doté d'un détecteur NPD et ou FPD.*
- *Etuve*
- *Four*
- *Agitateur Vortex*

Verrerie :

- *Ampoule à décanter de 1 litre*
- *Ballon d'évaporation de 500 mL*
- *Entonnoir en verre*
- *Eprouvette de 1 litre ou de 500 mL*
- *Fiole de 10 mL*
- *Tube à essai de 5 mL*

Réactifs et produits

- *Dichlorométhane p.a.r*
- *n-Hexane p.a.r*
- *Acétone p.a.r*
- *Ether Diéthylique p.a.r*
- *Solution de Reprise (SR) acétone/n-hexane (1/9)*
- *Solution pour Elution des colonnes de silice :*
 - *Solution S1 : ether diéthylique/hexane (2/8)*
 - *Solution S2 : éther diéthylique/hexane (6/4)*
- *Cartouche de silice 0.5g à usage unique*
- *Laine de verre Rincer plusieurs fois à l'éthanol, puis sécher. ou papier filtre wattman*
- *Sulfate de sodium anhydre chauffer à 600 °C pendant 4 heures, laisser refroidir au dessiccateur puis conserver dans un bocal en verre, ou Sulfate de sodium anhydre de qualité résidu de pesticides.*
- *Standards analytiques :*
 - *Mélange de standards organochlorés et de pyréthrinoïdes de synthèse*
 - *Mélange de standards organophosphorés et azotés*

Analyse des échantillons de sols

Appareils

- Balance de précision ;
- Table d'agitation ;
- Evaporateur rotatif sous vide avec bain-marie ;
- Evaporateur ;
- Un évaporateur sous flux gazeux ;
- Cuve de purification ;
- Un chromatographe à gaz doté de détecteurs spécifiques (NPD ou FPD et ECD) ;
- Une colonne de recherche HP-5 ;
- Colonne de confirmation CP-SIL 19 CB.

Verrerie:

- Flacon shott de 250 mL ;
- Éprouvettes graduées de 10 mL, 100 et 250 mL avec rodage ;
- Entonnoir büchner ;
- Fiole à vide d'au moins 500 L.
- Ampoules à décanter de 1 L ;
- Ballon d'évaporation de 500 mL ;
- Entonnoir en verre ;
- Pipettes pasteurs ;
- Pipettes de 1 mL et de 5 mL ;
- Fiole jaugée de 10 mL ;
- Fiole jaugée de 5 mL ;
- Cartouche de purification avec phase en silice 0,5 g à usage unique.

Réactifs et produits

- Dichlorométhane ;
- n-hexane ;
- Acétone ;
- Méthanol ;
- Eau ;
- Sulfate de sodium anhydre ;
- Laine de verre ;
- Ether Diéthylique ;
- Solution saturée en chlorure de sodium ;
- Solution de reprise (SR) hexane/acétone (9/1) ;
- Solution pour élution des colonnes de silice [solution S1 : éther diéthylique/n-hexane (2/8) ; Solution S2 : éther diéthylique/n-hexane (6/4)] ;

- *Solution de dopage (solution d'aldrine de concentration 2 ppm préparée avec de l'acétone) ;*
- *solution de référence (Solution mère de 10 ppm Mel.Oc/Py-1 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Oc/Py-2 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Oc/Py-3 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Oc/Py-4 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Oc/Py-5 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Oc/Py-6 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Op/Az-1 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Op/Az-2 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Op/Az-3 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Op/Az-4 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Op/Az-5 ; Solution mère de 10 ppm Mel.Op/Az-6) ;*
- *Solution de la droite d'étalonnage (gamme de 0,1 ; 0,05 ; 0,02 ; 0,01 ; 0,005 ; 0,002 ; 0,001 ppm à partir de chacune des solutions mères Mel.Oc/Py ; gamme de 1 ; 0,5 ; 0,2 ; 0,1 ; 0,05 ppm à partir de chacune des solutions mères Mel. Op/Az).*

Annexe 4 : Equipement de dosage des résidus de pesticides au LNSP

DÉSIGNATION	MARQUE	TYPE	N° DE SÉRIE	ANALYSE REALISEE
Chromatographe en phase gazeuse muni de 2 détecteurs: Détecteur Phosphore Azote (NPD) et Détecteur à capture d'électron (ECD), avec : 2 injecteurs automatiques (split/splitless et colonne capillaire), 1 passeur automatique d'échantillons Ordinateur complet avec : 1 Disque dur Compact P4 1Ecran Compact 9500 1imprimante HP Laser Jet 2200d	AGILENT	6890 N	Série US 10251053 Série CN 24928628 et CN 24928638 Série CN 24922536	Organochlorés, Pyréthriinoïdes Organophosphoré et Azotésoufrés et organoazotés
Chromatographe liquide Haute Performance constitué par : 1 détecteur à barrette de diodes (DAD), 1 passeur automatique d'échantillons Ordinateur complet avec : 1 Disque dur Compact P4 1Ecran Compact 9500 1imprimante HP Laser Jet 4100	AGILENT	1100	Série DE 23917296 Série DE 23930113 Série JP 13205762	Carbamates, glyphosate, diuron
Générateur d'Hélium	AGILENT	-	-	
Chromatographe en phase gazeuse/ Spectrophotomètre UV-Visible Ordinateur complet avec : 1 Disque dur HP P3 1Ecran HP hp71 1imprimante HP Desk Jet 840C	AGILENT	8453		Confirmation

Annexe 5 : Codes des échantillons et coordonnées géographiques des sites de prélèvements des échantillons

Codes des échantillons et coordonnées géographiques des sites de prélèvements des échantillons d'eau de surface.

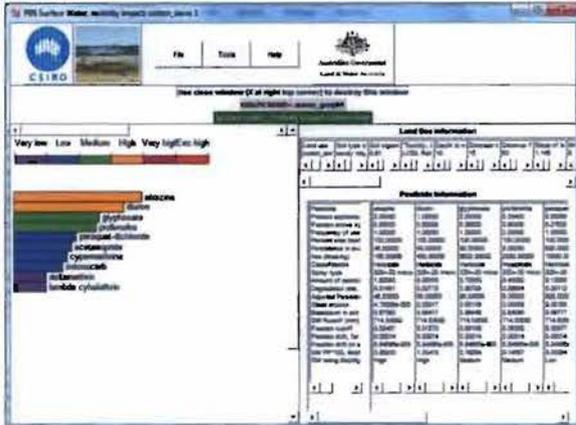
Site parcelles conventionnelles		Sites parcelles biologiques	
Prélèvement phase 1			
Code de l'échantillon	Position géographique	Code de l'échantillon	Position géographique
Komplan 2 conv eau 1	N 11.10296° W 002.99326°	Komplan 2 bio eau 1	N 11.11107° W 002.99087°
Komplan 2 conv eau 2	N 11.10161° W 002.99939°	Komplan 2 bio eau 2	N 11.11077° W 002.99006°
Komplan 2 conv eau 3	N 11.10131° W 002.99940°	Dayère bio eau 3	N 11.11996° W 002.99140°
Komplan2 conv eau 4	N 11.10638° W 002.98871°	Dayère bio eau 4	N 11.12938° W 002.98729°
Komplan2 conv eau 5	N 11.11632° W 002.99299°	Komplan 2 bio eau 5	N 11.11632° W 002.99299°
Prélèvement phase 2			
Komplan 2 conv eau 1	N 11.10167° W 002.99944°	Komplan 2 bio eau 1	N 11.11080° W 002.99003°
Komplan 2 conv eau 2	N 11.10129° W 002.99938°	Komplan 2 bio eau 2	N 11.11998° W 002.99141°
Komplan 2 conv eau 3	N 11.10084° W 002.99949°	Komplan 2 bio eau 3	N 11.12928° W 002.98755°
Komplan 2 conv eau 4	N 11.10325° W 002.99351°		
Komplan 2 conv eau 5	N 11.10634° W 002.98874°		
Dayère conv eau 6	N 11.12870° W 002.98448°		

Codes des échantillons et coordonnées géographiques des sites de prélèvements des échantillons de sol.

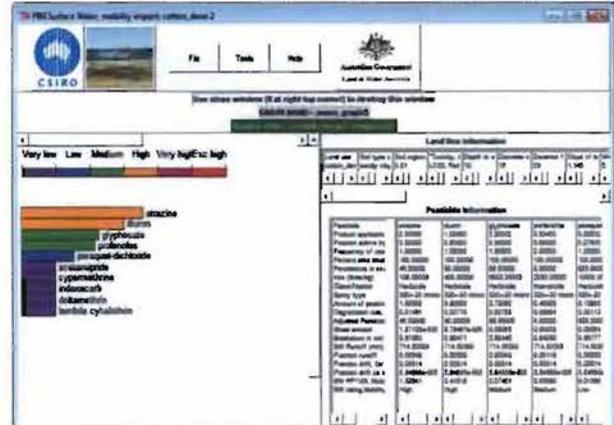
Site parcelles conventionnelles		Sites parcelles biologiques	
Code de l'échantillon	Prélèvement phase 1		Position géographique
	Position géographique	Code de l'échantillon	
Komplan 2 conv sol 1	N 11.10269° W 002.99239°	Komplan 2 bio sol 1	N 11.11058° W 002.99095°
Komplan 2 conv sol 2	N 11.10198° W 002.99781°	Komplan 2 bio sol 2	N 11.11816° W 002.99158°
Komplan 2 conv sol 3	N 11.10232° W 003.99819°	Dayèrè bio sol 3	N 11.12928° W 002.98696°
Komplan 2 conv sol 4	N 11.10173° W 002.99891°	Komplan 2 bio sol 4	N 11.11653° W 002.99326°
Komplan 2 conv sol 5	N 11.10651° W 002.98853°	Komplan 2 bio sol 5	N 11.11146° W 002.99305°
	Prélèvement phase 2		
Komplan 2 conv sol 1	N 11.10198° W 002.99777°	Komplan 2 bio sol 1	N 11.11061° W 002.99088°
Komplan 2 conv sol 2	N 11.10225° W 002.99815°	Komplan 2 bio sol 2	N 11.11068° W 002.98894°
Komplan 2 conv sol 3	N 11.10167° W 002.99893°	Komplan 2 bio sol 3	N 11.11644° W 002.99303°
Komplan 2 conv sol 4	N 11.10205° W 002.99263°	Komplan 2 bio sol 4	N 11.11832° W 002.95156°
Komplan 2 conv sol 5	N 11.10645° W 002.98861°	Komplan 2 bio sol 5	N 11.12935° W 002.98692°
Komplan 2 conv sol 6	N 11.12805° W 002.98769°		

Annexe 6 : Résultats du logiciel PIRI pour les risques de contamination des eaux de surface à Komplan 2 selon la mobilité

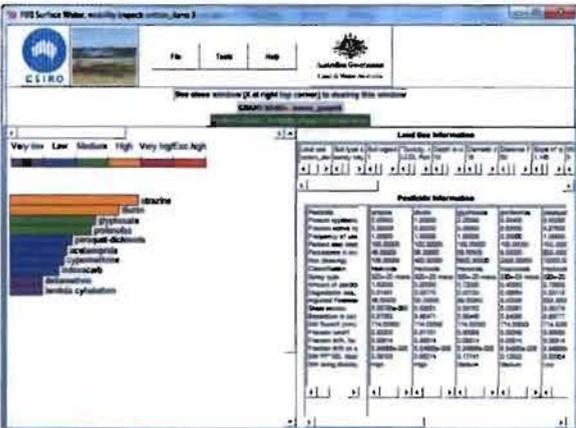
Scenario 1



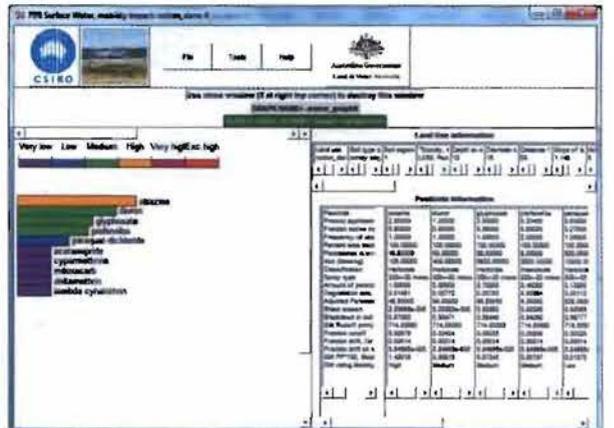
Scénario 2



Scénario 3



Scenario 4



Annexe 7 : Questionnaire utilisé lors des enquêtes sur les pratiques agricoles à Komplan 2.

Date : /__/__/-/__/__/- 2013	N° fiche /__/__/_/ Nom de l'enquêteur	Province :..... Localité : Dano /__/ Village :
---------------------------------	---	--

1. IDENTIFICATION DE L'ENQUÊTÉ

1.0. Nom et prénom :

1.1. Âge /__/__/
1.2. Sexe M /__ / F /__ /
1.3. Profession :

1.4. Niveau d'instruction : Aucun /__ / primaire /__ / Secondaire /__ / Bac et + /__ /

1.5. Langue d'alphabétisation : Français /__ / Langue locale /__ /

2. PRATIQUE CULTURALE

2.1. Quelles sont les productions (spécifications) par superficies pour la campagne en cours ? si c'est du coton précisez le type (Biologique, Conventionnel ou GM).

Productions (spéculation)	Superficies en (ha)

2.2. Quelles sont les intrants agricoles utilisés durant cette campagne?

Engrais /__ /

Spécifications	Nom/type d'engrais	Quantité en kg ou en litre utilisée	lieu d'approvisionnement	Date d'application du produit

Herbicides /__ /

Nom commercial du produit	Quantité en g ou en litre utilisée	Lieu d'approvisionnement	Période d'application du produit

Insecticides /__ /

Nom commercial du produit	Quantité en g ou en litre utilisée	Lieu d'approvisionnement	Période d'application du produit

Produits de traitement de semences / __/

Nom commercial du produit	Quantité en g ou en litre utilisée	Lieu d'approvisionnement	Période d'application du produit

Fumure organique / __/

Compost/ __/ Fumier/ __/

Noms des ingrédients utilisés	Durée de la production	Quantité utilisé à l'ha en kg ou brouetté ou charretée	Spécifications concernées

2.3. Calendrier de travail agricole en cas de culture cotonnière

Activités effectuées	Dates ou périodes de réalisation
Débroussaillage	
Fertilisation (fumier ou compost)	
Labour	
Traitement herbicide	
Traitement de semence	
Semis	
Fertilisation NPK (engrais chimique)	
Sarclage	
Fertilisation urée (engrais chimique)	
Buttage	
Traitements insecticides	Traitement 1 :
	Traitement 2 :
	Traitement 3 :
	Traitement 4 :
	Traitement 5 :
	Traitement 6 :
	Traitement 7 :
Récolte	
Commercialisation	

4. CONDITIONS D'UTILISATION DU PRODUIT

- 4.1. Depuis combien d'années utilisez-vous les pesticides ?
- 4.2. Portez-vous des équipements de protection lors des applications de pesticides ? Oui /___/ Non /___/
- 4.2.1. Si oui, lesquels ? Gants /___/ bottes /___/ tabliers /___/ combinaisons /___/ lunettes /___/
masques cartouches /___/ masques poussières /___/ autre /___/
.....
.....
- 5.2.2. Si non,
pourquoi ?.....
.....
- 4.3. Êtes-vous satisfaits des équipements que vous portez pour les traitements ? Oui /___/ Non /___/
- 4.3.1. Si non, pourquoi ?
.....
.....
- 4.4. Quel type d'appareil utilisez-vous pour l'application de ces pesticides ?
Pulvérisateur à dos /___/ pulvérisateurs portatifs (ULV, UBV) /___/ Autre (préciser le nom) /___/
.....
- 4.5. Quel est le volume de remplissage du réservoir de l'appareil ? litres
Précisez à chaque fois si vous utilisez plusieurs types d'appareils :
.....
.....
- 4.6. Quelle superficie traitez- vous au cours d'une campagne agricole ? ha
- 4.7. Combien de traitement faites-vous par saison agricole ?
.....
.....
- Préciser suivant le type de pesticide
- Insecticide
- Herbicide
- Produits de traitement de semence
.....
- Autres (préciser)
- 4.10. A quel moment traitez-vous en général?
Après une pluie/___/; avant une pluie/___/; le soir /___/; le matin/___/; Temps ensoleillé/___/; temps
nuageux/___/; temps pluvieux/___/; temps venteux/___/; à tout moment/___/
- 4.11. tenez-vous compte de la direction du vent quand vous traitez?
4.11.1. si oui, dans quelle direction du vent traitez-vous?
Sens du vent/___/; sens contraire au vent/___/; direction perpendiculaire au vent/___/
- 4.12. Que faites vous des appareils de traitements après la pulvérisation?
Lavage/___/; rangement en lieu secret après lavage/___/; rangement en lieu secret sans lavage/___/; lavage
et laisser pour compte dans le champ/___/; laisser pour compte dans le champ sans lavage/___/
- 4.12.1. Préciser le lieu de lavage du matériel de pulvérisation après pulvérisation.
Au champ /___/; dans un point d'eau/___/; à la maison/___/
- 4.12.1.1. Si dans un point d'eau, préciser la nature et la distance par rapport au champ:
.....
.....
- 4.12.2. Préciser s'il a lieu, le lieu de lavage de l'équipement porté pour pulvériser après pulvérisation.
Au champ /___/; dans un point d'eau/___/; à la maison/___/
- 4.12.2.1. Si dans un point d'eau, préciser la nature et la distance par rapport au champ:

.....
.....
4.13. Que faites-vous des restes éventuels de produits (bouillies) après pulvérisation?

Déversement dans la nature/___/; déversement dans un plan d'eau/___/; réutilisation pour pulvérisation/___/; autre/___/(préciser).....

4.14. Avez-vous reçu une formation quant à la bonne utilisation des pesticides ? Oui /___/ Non /___/

4.14.1. Si oui : - date de la formation reçue : - par quelle structure ?

.....
.....
qu'avez-vous retenu de cette formation ?
.....
.....

5. PERCEPTION DES RISQUES ENVIRONNEMENTAUX

5.1. Existe-t-il un point d'eau à proximité ou dans votre champ ? Oui /___/ Non /___/

5.1.1. Si oui, préciser

Puits/___/, rivière/___/, mare d'eau/___/, forage/___/, flaque d'eau/___/; autre /___/
préciser.....

5.1.2. Quelle est la distance entre ce point d'eau et la parcelle que vous traitez ?

.....
.....
5.1.3. Quels sont les usages de ce point d'eau ?

Boisson /___/; lessive/___/; abreuvement/___/; arrosage de culture/___/; autres usages/___/
Préciser s'il existe plusieurs points d'eau
.....
.....

5.2. Avez-vous remarqué la mort ou la disparition de certains insectes ou animaux durant la période d'utilisation des produits ? Oui /___/ Non /___/

5.2.1. Si oui,

lesquels ?.....
.....

5.3. Que pensez-vous de ces produits pour l'environnement?
.....
.....

Annexe 8 : Résultats complets des dosages de résidus de pesticides chimiques au LNSP

Teneur des sols en résidus de pesticides utilisés sur coton à Komplan 2.

Pesticides Recherchés	Teneur (µg/kg)/échantillon								
	BIO. 1 / Compla 1	BIO. 2 / Compla 1	BIO. 3 / Dayere	CONV. 1 / Compla 2	CONV. 2 / Compla 2	CONV.3 / Compla 2	CONV. 4 / Compla 2	CONV. 5 / Compla 2	CONV. 6 / Dayere
PYRETHRINOIDE DE SYNTHESE									
Cypermethrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Deltamethrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lamda Cyhalothrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Permethrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetramethrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ORGANOPHOSPHORES / COMPOSES AZOTES :									
Chlorpyrifos ethyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlorpyrifos methyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diazinon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dichlorvos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dimethoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diuron	-	29,03	-	-	22,63	105.50	-	-	-
Glyphosate	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenitrothion	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fipronil	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malathion	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Methidathion	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Omethoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parathion ethyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyridaphenthion	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyrimiphos methyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBAMATES et AUTRES:									
Imazalil	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quintozene	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) : Teneur en pesticide inférieure à la limite de détection

Autres molécules de pesticides identifiées dans certains échantillons de sol.

Molécule de pesticides	Résultats								
	BIO. 1 / Compla 1	BIO. 2 / Compla 1	BIO.3 / Dayere	CONV. 1 / Compla 2	CONV. 2 / Compla 2	CONV.3 / Compla 2	CONV. 4 / Compla 2	CONV. 5 / Compla 2	CONV. 6 / Dayere
Alléthrine		+							
Benzoylpropethyl						+			
Bromacil				+					
Chloroneb	+	+	+			+	+	+	
Dioxacarb			+						
Pyridate				+					

(+) : molécules détectées mais pas quantifiées.

Teneur des eaux en résidus de pesticides utilisés sur coton à Komplan 2.

Pesticides Recherchés	Teneur (µg/L)/échantillon								
	BIO. 1 / Compla 1	BIO. 2 / Compla 1	BIO. 3 / Dayere	CONV. 1 / Compla 2	CONV. 2 / Compla 2	CONV.3 / Compla 2	CONV. 4 / Compla 2	CONV. 5 / Compla 2	CONV. 6 / Dayere
PYRETHRINOIDE DE SYNTHESE									
Cypermethrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Deltamethrine	-	-	-	-	-	-	-	-	0,0147
Lamda Cyhalothrine	-	-	-	-	-	-	-	-	1,49
Permethrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Tetramethrine	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ORGANOPHOSPHORES / COMPOSES AZOTES :									
Chlorpyrifos ethyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Chlorpyrifos methyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Diazinon	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dichlorvos	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Dimethoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fenitrothion	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fipronil	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Malathion	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Methidathion	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Omethoate	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Parathion ethyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyridaphenthion	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Pyrimiphos methyl	-	-	-	-	-	-	-	-	-
CARBAMATES et AUTRES:									
Imazalil	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Quintozene	-	-	-	-	-	-	-	-	-

(-) : Teneur en pesticide inférieure à la limite de détection