

BURKINA FASO
UNITÉ – PROGRÈS – JUSTICE

N° D'ORDRE.....

MINISTÈRE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE,
SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
(M.E.S.S.R.S)

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

CENTRE NATIONAL DE RECHERCHES
SCIENTIFIQUES ET TECHNOLOGIQUES
C.N.R.S.T.

INSTITUT DU DEVELOPPEMENT RURAL
(I.D.R)

INSTITUT DE L'ENVIRONNEMENT ET
DE RECHERCHES AGRICOLES
(I.N.E.R.A)



MEMOIRE

Présenté par:

COULIBALY Pane

En vue de l'obtention du
DIPLÔME D'ETUDES APPROFONDIES (DEA)
En Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN)

Option: Sciences du sol

THÈME :

***ETUDE DU DEVENIR DES RESIDUS DE PESTICIDES
ORGANOCHLORES DANS DES SOLS VERTIQUES ET
DES SOLS FERRUGINEUX TROPICAUX EN ZONES
COTONNIERES DU BURKINA FASO***

COMPOSITION DU JURY

Président du jury :

Membres du jury :

-
-
-
-

Juin 2007

TABLE DES MATIERES

DEDICACE	I
TABLE DES MATIERES.....	II
REMERCIEMENTS	IV
SIGLES ET ABREVIATIONS.....	V
LISTE DES TABLEAUX.....	VI
LISTE DES FIGURES.....	VI
RESUME	VII
ABSTRACT.....	VIII
INTRODUCTION	1
Chapitre I : Généralité sur les zones cotonnières et sur les pesticides	
I. Présentation des zones cotonnières du Burkina	4
II. Définitions et utilité des pesticides en culture cotonnière	5
III. Classification des pesticides utilisés en culture cotonnière.....	5
IV. Pesticides utilisés pour l'entretien et les traitements phytosanitaires du cotonnier au Burkina	6
V. Devenir des pesticides dans le sol et leurs impacts sur l'environnement.....	7
I Sites d'étude	11
I. 1 Critères de choix des sites.....	11
I. 2 Localisation des sites	11
I. 3 Climat et sol des sites	12
Chapitre II : Matériels et Méthodes	
I. Sites d'études.....	
II Matériel.....	13
II.1. pesticides utilisés	13
II.2. les sols.....	13
III. Méthodologie	14
III.1. Période de prélèvement des sols.....	14
III.2. Caractérisation physico-chimique des sols	14
III.3. Extraction et dosage des pesticides organochlorés.....	15
III.4. Traitements statistiques des données	15
Chapitre III : Résultats et discussions.....	

I. Résultats	17
I.1. Caractéristiques physico-chimiques des sols prélevés sur les six sites et à différentes périodes de prélèvement de sol.....	17
I.2. Teneur des pesticides organochlorés dans les sols prélevés et à différentes périodes de prélèvement de sol l sur les six sites.....	20
I.3. Teneur de quelques pesticides organochlorés en fonction des sols vertiques et des sols ferrugineux tropicaux prélevés avant et après les applications insecticides.....	24
II. Discussion	26
CONCLUSION ET PERSPECTIVES.....	28
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	30

REMERCIEMENTS

Aux termes de ce stage de fin d'études, je voudrais remercier tous ceux qui ont contribué à la réussite de mon travail. J'aimerais exprimer tous mes remerciements à:

- la Direction de l'I.D.R, et plus particulièrement au D^f Antoine SOME;
- toute l'équipe éducative de l'I.D.R pour leur disponibilité;
- au Professeur Adrien BELEM responsable de la formation du 3^{ème} cycle en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles, système de production de l'Institut du Développement Rural (IDR) de l'Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso pour avoir accepté notre inscription;
- au Professeur SEDOGO, Directeur de recherche à l'INERA/Kamboinsé;
- au Chef de Centre du CRREA Ouest pour m'avoir accueillie dans son Centre de Recherche à la station de Farako-Bâ;
- au Chef du programme coton, Dr Ouola TRAORE pour son encadrement et son soutien multiforme
- au Dr Paul SAWADOGO pour ses encouragements et ses conseils;
- aux Drs Sylvie DOUSSET et Moussa BONZI pour leur participation à cette étude;
- au Chef du programme GRN/SP, Dr Karim TRAORE et son personnel pour leur accueil chaleureux dans le laboratoire sol-eau-plante de Farako-Bâ;
- aux chercheurs du programme coton notamment à Mr SOME Hugues., Mr TIEMTORE Claude B. et à Mr KOULIBALY Bazoumana pour leur aide aux traitements des données récoltées.
- aux techniciens, chauffeur et secrétaire du programme GRN/SP et plus particulièrement à Amoro OUATTARA, et son équipe, Tiéba OUATTARA pour leur participation active à ce travail;
- aux techniciens, et secrétaires du programme coton pour leur collaboration et encouragements;
- aux personnels de l'INERA Kamboinsé pour leur participation multiple pour la réalisation de cette étude;
- à ma famille pour son soutien moral, son réconfort et sa constante présence à mes côtés;

- j'exprime ma profonde reconnaissance aux responsables du projet FSP/Pesticide pour le soutien financier à la réalisation de cette étude;
- à Alice NARE et RAMDE Martin pour leur aide à l'extraction des pesticides au laboratoire d'extraction de l'INERA/Kamboinsé;
- à tous les responsables des différentes sociétés cotonnières ainsi qu'aux correspondants cotons pour leur participation aux choix des sites;
- enfin je remercie les amis et étudiants stagiaires notamment Désiré J-P. LOMPO, Lambiénou. YE et les braves producteurs et habitants des villages de Zanawa, Tiokouy, Boni, Dossi, Pô, Tiébélé, Comin-yanga et Pama pour leur confiance, leur contribution et leur participation active à la réalisation de cette étude.

x Mon soutien à la réalisation de cette étude
 x à Alice NARE et RAMDE Martin
 x à tous les responsables des différentes sociétés cotonnières
 x à tous les correspondants cotons
 x à Désiré J-P. LOMPO, Lambiénou. YE et les braves producteurs et habitants des villages de Zanawa, Tiokouy, Boni, Dossi, Pô, Tiébélé, Comin-yanga et Pama
 x pour leur confiance, leur contribution et leur participation active à la réalisation de cette étude.

SIGLES ET ABREVIATIONS

IDR	: Institut du Développement Rural
GIRN	: Gestion Intégrée des Ressources Naturelles
DEA	: Diplôme d'Etudes Approfondies
FAO	: Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture
SOFITEX	: Société burkinabé des Fibres Textiles
SOCOMA	: Société Cotonnière du Gourma
GPC	: Groupement des Producteurs de Coton
PAN	: Pesticide Action Network
OMS	: Organisation Mondiale de la Santé
ORSTOM	: Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer
D.P.I.COL	: Direction du Projet Inforoute des Collectivités Locales.
IN.E.R.A	: Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles
BUNASOLS	: Bureau National des Sols
M.A.H.R.H	: Ministère de l'Agriculture, de l'Hydraulique et des Ressources Halieutiques
D.S.A	: Direction des Statistiques Agricoles
COLUMA	: Comité de Lutte contre les Mauvaises herbes

LISTE DES TABLEAUX

	PAGES
Tableau 1: Programme de protection phytosanitaire du cotonnier en vigueur au Burkina.....	. 6
Tableau 2: Rémanence dans le sol de quelques pesticides.....	8
Tableau 3: Localisation des zones de prélèvement.....	12
Tableau 4: Périodes de prélèvement des sols.....	14
Tableau 5: Caractéristiques physico-chimiques des sols de jachère des six sites...	17
Tableau 6: Caractéristiques physiques et chimiques des sols prélevés avant et après les applications insecticides des six sites.....	19
Tableau 7: Teneur en pesticides organochlorés des sols de jachère des six sites (ug/g de sol).....	20
Tableau 8: Teneur en pesticides organochlorés des sols prélevés avant les applications insecticides des six sites (ug/g de sol).....	21
Tableau 9: Teneur en pesticides organochlorés des sols prélevés après les applications insecticides des six sites (ug/g de sol).....	22

LISTE DES CARTES ET FIGURES

	PAGES
Carte1 : Découpage des zones cotonnières du Burkina.....	4
Figure 1 : Teneur en Alpha endosulfan sur les sols vertiques et ferrugineux tropicaux prélevés avant et après les applications insecticides (ug/g de sol).....	24
Figure 2 : Teneur en Beta endosulfan sur les sols vertiques et ferrugineux tropicaux prélevés avant et après les applications insecticides (ug/g de sol).....	25
Figure 3 : Teneur en endosulfan sulfate sur les sols vertiques et des sols ferrugineux tropicaux prélevés avant et après les applications insecticides (ug/g de sol).....	25

RESUME

L'utilisation de plus en plus fréquente et en quantité importante de pesticides organochlorés conduit à leur présence dans les sols vertiques et ferrugineux tropicaux sous culture cotonnière.

Pour cette étude sur le devenir des résidus de pesticides organochlorés dans les sols vertiques et ferrugineux tropicaux en zones cotonnières du Burkina, deux prélèvements de sols ont été effectués; l'un, avant les applications insecticides et l'autre après les applications insecticides. Les échantillons de sol ont été prélevés à l'horizon 0-20 cm et en bas de pente. La détermination des caractéristiques physico-chimiques de ces sols a permis de caractériser les sols vertiques et les sols ferrugineux tropicaux. Les sols vertiques ont des teneurs élevées en argile et en limon (> 80%) tandis que les sols ferrugineux ont des teneurs en argile et en limon < 60%. En outre, les taux en matière organique varient entre 1,6 et 5,7% au niveau des sols vertiques et entre 1 et 2,4 au niveau des sols ferrugineux. L'extraction suivie du dosage des pesticides organochlorés a mis en évidence, les faibles teneurs en endosulfan (entre 0 et 0,017 $\mu\text{g/g}$) dans les sols prélevés après les applications insecticides, comparativement à la dose initiale de l'endosulfan appliquée (0,23 $\mu\text{g/g}$). Les sols sous jachères ont des teneurs en pesticides organochlorés qui varient entre $5 \cdot 10^{-5}$ et 10^{-4} $\mu\text{g/g}$ de sol. Ces teneurs obtenues à ce niveau s'expliquent par leur rémanence dans les sols. Les résultats obtenus par le dosage des pesticides organochlorés ont montré que les sols vertiques sont capables d'adsorber une grande quantité d'endosulfan comparativement aux sols ferrugineux. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements comparés.

Mots clés: devenir, pesticides organochlorés, endosulfan, sols vertiques, sols ferrugineux tropicaux.

ABSTRACT

The frequent use and the quantity of organochlorine pesticides under cotton culture leads to their presence in vertic and tropical ferruginous grounds. For this study on the becoming of organochlorine pesticides residues in vertic and tropical ferruginous grounds in cotton zones of Burkina, two sampling of grounds were carried out: one, before the insecticidal applications and the other after the insecticidal applications.

The samples of ground were taken at the horizon 0-20 cm and in bottom of slope. To characterize the vertic and tropical ferruginous grounds we determinate the physico-chemical characteristics of these g samples. The vertic grounds have high percentages of clay and silt (> 80%) and the percentages of clay and silt in ferruginous grounds are < 60%. Moreover, the organic matter rates vary between 1.6 to 5.7% on vertic grounds and 1 to 2.4 on ferruginous grounds.

The extraction followed by the proportioning of the organochlorine pesticides showed a low contents of endosulfan (0 to 0.017 ug/g) in the grounds sampled after the insecticidal spray, compared to endosulfan initial amount applied (0.23 ug/g). The grounds under fallow have contents of organochlorine pesticides which vary between 5.10^{-5} and 10^{-4} ug/g of ground. These results can be explained by the organochlorine pesticides remanence in grounds. The results obtained by the proportioning of the organochlorine pesticides showed that the vertic grounds are able to adsorb a great quantity of endosulfan compare to the ferruginous grounds. However, any significant difference was not observed between the compared treatments.

Key words : becoming, organochlorine pesticides, endosulfan, vertic grounds, tropical ferruginous grounds

INTRODUCTION

Le Burkina est un pays à vocation agricole et 85 à 95% de la population tire sa subsistance de cette agriculture (TOE, 2003). Selon cet auteur, les superficies cultivées, estimées à 3,6 millions d'hectares, sont dominées par les cultures céréalières (environ 82%) suivies des cultures de rente (15%), principalement la culture cotonnière (M.A.H.R.H./DSA., 2004). Cependant, la culture cotonnière est très fortement limitée par les attaques parasitaires. Selon SEMENT (1986), TRAORE *et al.* (1998), en absence de traitement phytosanitaire, les pertes de rendement sont énormes et peuvent atteindre 90%. Dans les pays en voie de développement comme le Burkina Faso, premier pays ouest africain producteur de coton, la lutte phytosanitaire s'avère donc nécessaire pour endiguer les ennemis de la culture cotonnière, améliorer le rendement et la qualité de ces produits. De 2003 à 2005, la quantité de ces pesticides utilisés au Burkina est passée de 2306000 à 3042000 tonnes (DAKUO, 2005). En effet, l'utilisation de ces pesticides chimiques de synthèse de plus en plus importante et fréquente n'en soulève pas moins de redoutables questions d'ordre environnemental (pollution des eaux, des sols) (COUDRAY et BOUGUERRA, 1994; SOCLO *et al.*, 2005; SAVADOGO *et al.*, 2007).

D'après COUDRAY et BOUGUERRA (1994), le surdosage et l'utilisation répétée de ces pesticides plus ou moins persistants, et surtout de pesticides prohibés sont susceptibles de former des zones d'accumulation au niveau du sol. Pour BUYS *et al.* (1991), le sol est obligatoirement atteint par ces pesticides, qui n'y restent pas toujours inertes, et cela peut avoir diverses conséquences sur les cultures et sur le sol. Ces conséquences des pesticides ont fait l'objet de plusieurs études. La plupart de ces études ont porté sur la caractérisation de ces pesticides dans les eaux et sols. JILANI et KHAN (2004) et PAN Africa (2003) ont détecté au Sénégal de l'endosulfan, du DDT, de la cyperméthrine, de la deltaméthrine...dans le sol et dans les eaux de puits et des céanes. De plus, cette caractérisation a montré que les organochlorés sont plus rémanents dans le sol que les autres pesticides (organophosphorés, pyréthriinoïdes et carbamates) et que certains de leurs métabolites peuvent persister très longtemps dans le sol, les tissus végétaux et les graisses animales (BAILLY et DUBOIS 1977, KOMBOUDRY, 1984). Il en résulte donc des risques d'accumulation de ces pesticides organochlorés dans les sols. COULIBALY (2006), SAVADOGO *et al.* (2007) ont aussi montré des variations de la teneur en résidus de pesticides dans les sols. Leurs études ont

révélé que la dégradation des organochlorés comme l'endosulfan est plus rapide dans les sols riches en matière organique et en argile.

L'étude sur le «**devenir des résidus de pesticides organochlorés dans des sols vertiques et des sols ferrugineux tropicaux**» nous permettra de fournir des informations sur le devenir des pesticides organochlorés dans le sol, sur leurs risques environnementaux et sur les possibilités de réduction de leurs impacts dans les sols. Il est donc question d'étudier l'évolution des pesticides organochlorés dans les sols vertiques et ferrugineux tropicaux pour une meilleure gestion des risques.

Le présent document comprend un premier chapitre qui traite des généralités sur les pesticides, un deuxième chapitre qui expose le matériel et les méthodologies d'étude et enfin un troisième chapitre qui présente les résultats, les discussions et la conclusion.

CHAPITRE I :

**GENERALITES SUR LES
ZONES COTONNIERES ET
SUR LES PESTICIDES**

I. Présentation des zones cotonnières du Burkina

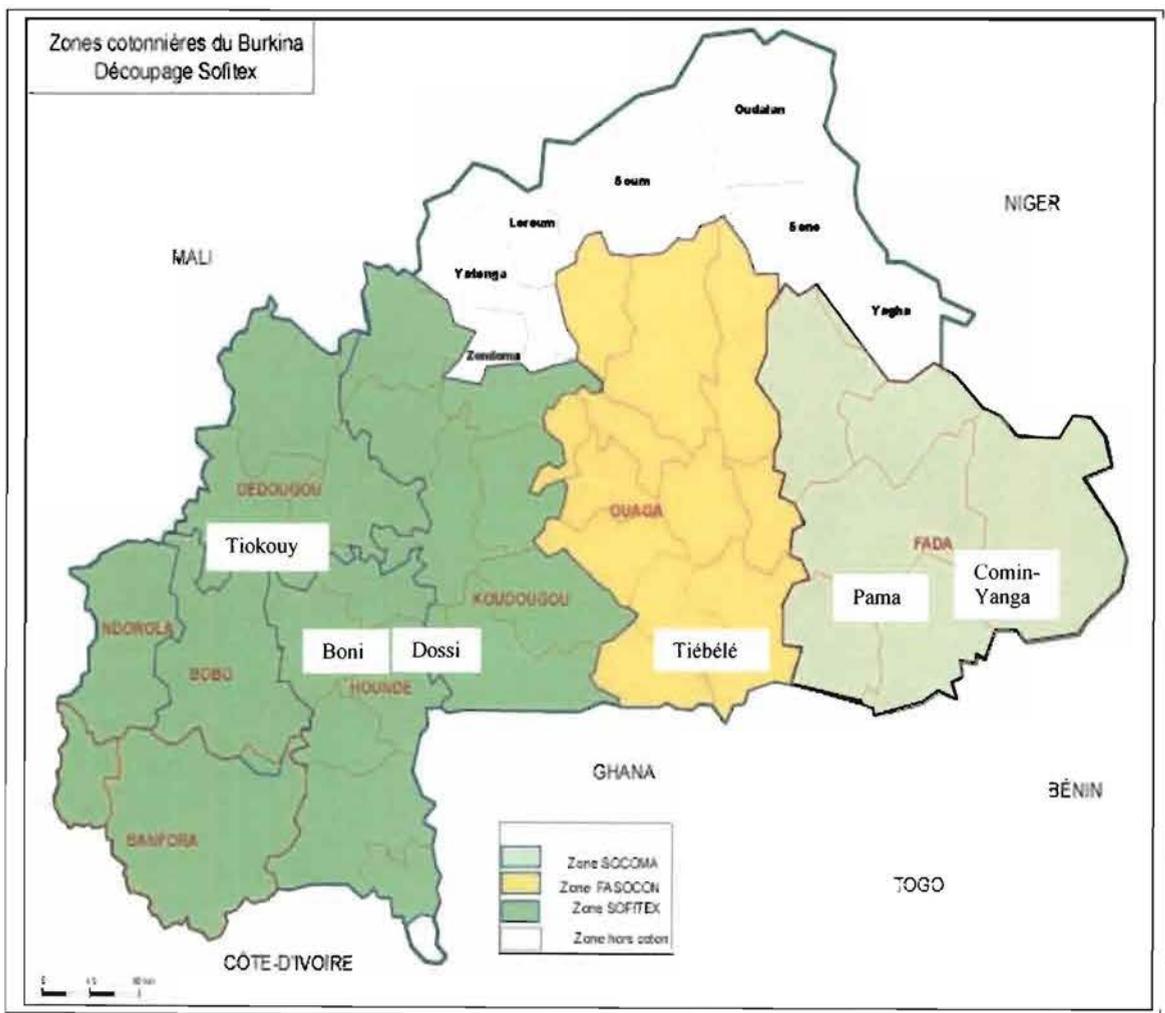
Les zones cotonnières du Burkina sont réparties en trois sociétés cotonnières:

SOCOMA à l'Est, regroupe les provinces de la Tapoa, du Gourma, de la Kompienga, du Koulpelogo, de la Komondjari et de la Gnagna et compte plus de 25000 producteurs de coton.

Faso Coton au Centre avec environ 24000 producteurs, et la culture cotonnière est pratiquée dans 12 provinces (Bam, Bazega, Boulgou, Ganzourgou, Kourittenga, Nahouri, Namentenga, l'Oubritenga, Sanamatenga, Zoudwéogo, Kourwéogo et Kadiogo)

SOFITEX à l'Ouest regroupe principalement les régions des Hauts Bassins, de la Boucle du Mouhoun et des Cascades. Cette zone représente 2/3 du territoire burkinabé.

Ces trois sociétés cotonnières sont matérialisées sur la carte 1.



Cartel: Découpage des zones cotonnières du Burkina

II. Définitions et utilité des pesticides en culture cotonnière

Les pesticides peuvent être définis de plusieurs manières selon l'objectif recherché dans leur utilisation. Ainsi, selon la FAO (1996), les pesticides se définissent comme «toute substance ou association de substances qui est destinée à repousser, détruire ou combattre les ravageurs, y compris les vecteurs de maladies humaines et animales, et les espèces indésirables de plantes ou d'animaux causant des dommages ou se montrant autrement nuisibles». Pour SIGRIST (1992), les pesticides sont des produits chimiques qui permettent de lutter contre les maladies des végétaux, les insectes ravageurs et les rongeurs parasites. Aussi appelés produits phytosanitaires ou phytopharmaceutiques, les pesticides selon BAILLY et DUBOIS (1977), WILMA *et al.* (1989), CALVET *et al.* (2005), sont des produits destinés à prévenir ou à combattre les maladies et fléaux des végétaux ainsi que les mauvaises herbes, à protéger les récoltes et à réduire la main-d'œuvre notamment.

En effet, ce rôle des pesticides est probablement l'une des applications à la fois la plus ancienne et la plus répandue et qui a considérablement contribué au développement de l'agriculture (SOMASUNDARAM et COATS, 1990; CALVET *et al.*, 2005). Selon ces auteurs, les pesticides ont aussi d'autres applications; il s'agit de l'entretien des bâtiments et des matériels d'élevage permettant d'éliminer des insectes nuisibles aux animaux.

III. Classification des pesticides utilisés en culture cotonnière

Les pesticides selon CALVET *et al.* (2005), sont des substances dont la composition élémentaire et la structure chimique présente une très grande variété et dont l'étude et la description nécessitent la mise en œuvre de nombreuses méthodes chimiques et physiques. Pour eux, il existe trois façons de classer les pesticides: par leurs usages, par les organismes vivants visés et par leurs caractéristiques chimiques.

Concernant la classification chimique, il existe trois catégories de pesticides:

- Les pesticides inorganiques, peu nombreux mais utilisés en très grandes quantités (soufre et cuivre)
- Les pesticides organo-métalliques qui sont des fongicides dont la molécule est constituée par un complexe d'un métal (zinc et manganèse) et d'un anion organique (dithiocarbamate).

- Les pesticides organiques sont très nombreux et sont habituellement classés selon leur composition chimique en plusieurs grandes familles dont les principales sont les organochlorés, les organophosphorés, les carbamates et les pyréthri-noïdes de synthèse.

Pour ce qui concerne les organismes vivants visés, on distingue plusieurs catégories de pesticides dont les principales sont les insecticides, acaricides, herbicides et fongicides.

IV. Pesticides utilisés pour l'entretien et les traitements phytosanitaires du cotonnier au Burkina

Le programme de protection phytosanitaire du coton en vigueur au Burkina comprend six traitements insecticides répartis en trois fenêtres. Pour chaque fenêtre deux traitements insecticides sont effectués, avec le ou les mêmes produits. Mais le nombre de traitement peut varier en fonction de la gravité des attaques parasitaires. Le programme de traitement peut être résumé ainsi qu'il suit dans le tableau 1 :

Tableau 1 : Programme de protection phytosanitaire du cotonnier en vigueur au Burkina

Fenêtre	Rang des traitements	Matière active appliquée	Date d'application
1 ^{ère} fenêtre	1 ^{er} traitement	Profenofos (500g/l. ha) [↓]	30 jours après la levée
	2 ^{ème} traitement	Profenofos (500g/l. ha)	44 jours après la levée
2 ^{ème} fenêtre	3 ^{ème} traitement	endosulfan à 350g/l. ha + cyperméthrine à 36g/l. ha	58 jours après la levée
	4 ^{ème} traitement	endosulfan à 350g/l. ha + cyperméthrine à 36g/l. ha	72 jours après la levée
3 ^{ème} fenêtre	5 ^{ème} traitement	cyperméthrine à 72g/l. ha + acétamipride à 16g/l. ha	86 jours après la levée
	6 ^{ème} traitement	cyperméthrine à 72g/l. ha + acétamipride à 16g/l. ha	100 jours après la levée

V. Devenir des pesticides dans le sol et leurs impacts sur l'environnement

Pour BUYS *et al.* (1991), il est important d'étudier le devenir des pesticides dans le sol car celui-ci est atteint par ces pesticides qui n'y restent pas toujours inertes et qui peuvent avoir diverses conséquences sur les cultures et sur l'environnement. En effet, à la suite de leur utilisation dans des conditions normales, les pesticides finissent par atteindre le sol. La contamination du sol intervient d'abord au moment du traitement, puis par suite de ruissellement éventuel de la pluie.

Une fois sur le sol, les pesticides sont entraînés par le ruissellement dans les cours d'eau, et par lixiviation dans le sol et la nappe phréatique. Le comportement global des pesticides dans le sol est complexe car il dépend d'une multitude de processus interconnectés et de la diversité des molécules actives (BARRIUSSO *et al.*, 1996 et CALVET *et al.*, 2005). Néanmoins, les processus essentiels peuvent se résumer à la volatilisation qui dépend essentiellement des propriétés physico-chimiques du composé (pression de vapeur, solubilité), mais elle peut être influencée par les conditions météorologiques (température, humidité, ensoleillement) et la nature de la surface d'adsorption du pesticide (FEIGENBRUGEL, 2005). Les processus d'adsorption et de dégradation sont très variables dans le temps et dans l'espace et se produisent dans le premier mètre du sol car ils sont fortement conditionnés par la présence de matière organique et de bactéries (BARRIUSSO *et al.*, 1996). Les cinétiques d'adsorption sont très différentes selon les matières actives, le type de sol et la vitesse de circulation de l'eau. En ce qui concerne l'adsorption, une légère quantité peut se retrouver fixée en fonction des conditions locales.

Les pesticides présents dans les eaux vont être transportés par convection et dispersion ou, si le temps de renouvellement est plus court, ils vont être transportés en fonction des conditions hydrauliques vers les eaux de surface. Selon BARRIUSSO *et al.* (1996), à l'échelle du bassin versant, les échanges nappe/rivière ont été maintes fois démontrés et de nombreuses études prouvent l'existence de contamination de la nappe par la rivière à l'aide de traceurs comme l'atrazine ou le DAR (Rapport entre la diéthylatrazine et l'atrazine).

Il peut se former dans le sol, des résidus liés plus ou moins stables dont l'importance est corrélée à la teneur et à la nature des matières organiques présentes dans les sols constituant ainsi des formes d'accumulation de résidus organiques dans les sols. Leurs évolutions à moyen terme sont mal connues et peuvent donc être des bombes à retardement potentielles vis-à-vis de l'environnement.

Certains processus tendent à fixer le pesticide ou ses métabolites sur la phase organo-minérale du sol: c'est la rétention du pesticide. D'autres par contre l'entraînent à se concentrer dans la phase liquide du sol: c'est la persistance du produit.

Des pesticides utilisés en culture cotonnière, il a été montré que les organochlorés sont plus rémanents et que certains de leurs métabolites peuvent persister très longtemps dans le sol, les tissus végétaux et les graisses animales (BAILLY et DUBOIS 1977, DEJOUX, 1988). Du fait de cette caractéristique, les risques d'accumulation et les conséquences qui en résultent font que la législation actuelle interdit l'emploi de la plupart de ces organochlorés. C'est le cas du DDT qui a été retiré de la liste des pesticides de traitement car il a été reconnu très toxique. Ainsi, le tableau 2 montre la persistance des organochlorés par rapport aux autres pesticides.

Tableau 2: Rémanence dans le sol de quelques pesticides

Pesticide	Rémanence
DDT (organochloré)	4-30 ans
Lindane (organochloré)	3-10 ans
Endosulfan (organochloré)	2 mois/2ans (50%)
Carbofuran (carbamate)	6 mois
Parathion (organophosphoré)	3-6 mois
2,4,5-T (herbicide)	3-5 mois
2,4-D (herbicide)	4-6 mois

Source: (BOSERET, 2000)

A cause de cette persistance des organochlorés, ceux-ci sont retrouvés dans les eaux et dans les sols sous culture de coton. MWEVURA *et al.*, (2002) ont noté la contamination des eaux en Tanzanie par les pesticides organochlorés. De même, SOCLO *et al.*, (2005) ont enregistré de nombreux cas d'intoxication au Bénin dans les zones cotonnières. Ils ont révélé par endroits des taux non négligeables de pesticides organochlorés dans l'eau (9-929 ng/l), dans les produits maraîchers (0-5 µg/kg) et dans les échantillons de tissus de certains animaux sauvages (5-17 µg/kg).

A Dakar, les résultats d'études montrent que la concentration moyenne de matière active spécifique dans les eaux dépasse largement la norme de référence ($0,1 \mu\text{g/l}$) (DIAO, 2004). Celui-ci a montré que les concentrations moyennes de résidus dans la nappe notamment pour le malathion, le chloripyrifos-méthyle et le chloripyrifos-éthyle étaient souvent 30 à 700 fois supérieurs à la norme. Ce qui montre de réels problèmes de pollution de l'environnement et d'intoxication chimique liés à l'utilisation des pesticides organochlorés.

Au Burkina, l'étude de TOPAN (2005) a révélé que les sols sous culture de coton à Farako-Bâ, à Boni et à Kaïbo étaient contaminés par l'endosulfan à des teneurs respectives de 0,005, 0,007 et 0,006 mg/kg de sol au mois de juillet. Cet auteur a remarqué que la quantité de l'endosulfan sur chacun de ces sols dépendait de leurs caractéristiques physico-chimiques. Il a obtenu les plus fortes quantités de l'endosulfan sur les sols riches en argiles et en matière organique.

Les travaux de DOMO (1996), de NEBIE *et al* (2002) ainsi que les conclusions des études de TOE *et al.* (2000) montrent que les intoxications aux pesticides sont un problème réel et de santé publique. La pénétration de ces substances dans l'organisme peut provoquer des atteintes bénignes à type d'urticaires, de vertige, d'épistaxis ou graves comportements des troubles respiratoires et neurologiques spectaculaires entraînant souvent des décès.

Le Comité d'experts des Insecticides (1970); AMEZIANE et PERSOONS (1995), OUEDRAOGO et NONGUIERMA (2003), CALVET *et al.* (2005) ont observé aussi un accroissement de la résistance des insectes, la disparition des populations d'insectes et la neutralisation de la vie du sol. Pour eux, certains traitements chimiques, agissant par toxicité directe, deviennent progressivement moins efficaces lorsqu'ils sont répétés. Ils ont constaté successivement le développement de résistance aux insecticides organochlorés, puis aux organophosphorés, aux carbamates et aux pyréthrinoïdes qui sont les insecticides les plus récents. La neutralisation de la vie du sol a été évoquée par COLUMA (1977), par BONZY *et al.* (2004) et ILLA (2004). Cette neutralité se manifeste par la baisse de la fertilité des sols car les traitements pesticides agissent directement sur les germes microbiens ou indirectement en supprimant les adventices, source de matière organique pour les microorganismes.

CHAPITRE II :

MATERIEL ET METHODES

I. Sites d'étude

I.1. Critères de choix des sites

Trois critères ont intervenu dans le choix des sites de prélèvement des sols:

- Le premier critère est celui du type de sol: Le choix s'est porté sur les sols vertiques et sur les sols ferrugineux tropicaux, deux sols de caractéristiques physico-chimiques différentes et beaucoup utilisés dans la culture cotonnière.

- Le deuxième critère repose sur l'ancienneté de la zone cotonnière: Les zones cotonnières du Burkina sont réparties en anciennes et nouvelles zones cotonnières. Les anciennes zones sont celles qui reçoivent les pesticides depuis longtemps. Elles regroupent les régions de Houndé dans la province du Tuy, les régions de Dédougou dans la province du Mouhoun et la région de Tiébélé dans la province du Nahouri. Les nouvelles zones sont celles qui ont récemment commencé à recevoir les pesticides. Elles regroupent les régions de Diébougou dans la province de la Bougouriba, Pama et Comin-Yanga respectivement dans les provinces de la Kompienga et du Koulpélogo. Ainsi, Dossi et Boni ont été retenus à Houndé, Tiokouy à Dédougou, Tiébélé à Pô, Pama et Comin-Yanga à l'Est.

- Le troisième critère est celui du type de rotation culturale pratiquée. Le choix s'est porté sur la rotation coton-céréale et/ou céréale-coton, une rotation biennale conseillée dans les zones cotonnières.

I.2. Localisation des sites

Les sols ayant fait l'objet de cette étude proviennent des champs en culture de coton implantés sur six sites. Quatre sites (Dossi, Boni, Tiokouy et Tiébélé) ont été choisis dans le vieux bassin cotonnier et les deux autres sites (Pama et Comin-Yanga) se situent dans la nouvelle zone cotonnière (voir carte 1).

Les Sites de Dossi et de Boni sont localisés dans la province du Tuy respectivement à une vingtaine et à une quinzaine de kilomètre de Houndé.

Tiokouy est localisé dans le département de Ouarkoye (dans la province du Mouhoun) et à environ quarante cinq kilomètres de Dédougou.

Tiébélé est situé dans la province du Nahouri à 29 km à l'Est de Pô. Pô lui-même étant à 176 km au Sud de Ouagadougou et à la frontière du Ghana.

Pama fait partie de la province de la Kompienga, situé à l'extrême Est du Burkina. Il est à 105 km de Fada N'Gourma.

Comin-Yanga, localisé dans la province du Koulpélogo, est situé dans la partie nord de la province. Il est situé à 30 km de Ouargaye, chef lieu de la province et à 87 km de Tenkodogo, chef lieu de la région du Centre Est.

Les coordonnées géographiques des six sites sont résumées dans le tableau suivant 3

Tableau 3 : Localisation des zones de prélèvement

Site de prélèvement	Longitude	Latitude	Type de sol
Dossi	3°24' W	11°26'N	Vertique
Boni	3°26' W	11°35' N	Ferrugineux tropical
Tiokouy	3° 14' 24'' W	12° 18' 00''N	Ferrugineux tropical
Tiébélé	0° 58' 12'' W	11° 5' 24'' N	Vertique
Pama	0° 42'00'' E	11° 13'12'' N	Ferrugineux tropical
Comin-yanga	0° 10'12'' E	11° 40'12'' N	Vertique

I.3. Climat et sol des sites

Localisés dans la zone Nord soudanienne qui est comprise entre les isohyètes 800 et 1000 millimètres, Dossi et Boni ont une saison pluvieuse de 4 à 5 mois allant de mai à octobre. La pluviométrie moyenne est d'environ 900 mm par an. Les températures maximales et minimales moyennes peuvent atteindre respectivement 37°C et 21°C.

Le climat de Tiokouy est du type sud soudanien; il est compris entre les isohyètes 900 et 1000 mm avec une pluviométrie moyenne d'environ 930 mm. Deux saisons bien contrastées s'alternent dans ce climat: une saison sèche qui dure 7 à 8 mois successifs (mi-octobre à mi-mai) et une saison pluvieuse de 4 à 5 mois allant de mi-mai à mi-octobre. Les températures maximales et minimales moyennes peuvent atteindre respectivement 40°C et 24°C.

Localisé dans la région Centre sud, Tiébélé a un climat de type soudano-sahélien se caractérisant par une pluviométrie assez abondante mais mal répartie dans le temps et dans l'espace. Les isohyètes sont comprises entre 900 et 1200 mm. La température maximale peut atteindre 38°C.

Le climat de Pama est du type sud-soudanien. La zone est parmi les mieux arrosées du Burkina. Elle se situe entre les isohyètes 900 mm et 1000 mm. Les températures maximales peuvent atteindre 40°C tandis que les minimales atteignent 21 à 23°C.

La commune de Comin-Yanga appartient à la zone climatique nord soudanienne caractérisée par deux saisons: une saison sèche de sept (07) mois (octobre à avril) et une saison humide de cinq (05) mois (mai à septembre). Elle se situe entre les isohyètes 900 et 1300 mm avec une moyenne pluviométrique d'environ 950 mm.

Pour ce qui concerne les sols, le type de sol de chaque site est mentionné ci-dessus dans le tableau 3.

II. Matériel

II.1. Pesticides utilisés

Les pesticides organochlorés ont été utilisés pour cette étude. L'accent a été mis sur l'endosulfan. Celui-ci est utilisé en association avec la cyperméthrine. L'Association (endosulfan 350 g/l+cyperméthrine 36 g/l) a été appliquée deux fois à l'hectare au 58^{ème} et 72^{ème} jours après la levée.

II.2. Les sols

Les prélèvements ont été faits sur l'horizon 0-20 cm. En cas de pente, ces prélèvements ont été effectués en bas de pente en trois points et un échantillon moyen a été constitué pour les analyses. Tous les échantillons moyens ont été séchés à l'ombre, broyés et tamisés à 2 mm.

III. Méthodologie

III.1. Période de prélèvement des sols

Sur chaque site, les sols ont été prélevés à deux endroits: dans un champ de coton et dans un sol sous jachère. Deux périodes de prélèvement ont été retenus: un prélèvement de sol qui a lieu avant le début d'application des insecticides, puis le deuxième prélèvement de sol qui est intervenu après les six traitements insecticides au cours de la culture de coton, soit environ trois mois après le premier traitement insecticide. Le tableau 4 présente les différentes périodes de ces deux prélèvements.

Tableau 4 : Périodes de prélèvement des sols

Sites	Date de 1 ^{er} prélèvement: avant le début d'application insecticide	Date de 2 ^{ème} prélèvement: après les six traitements insecticides
Dossi	28/06/06	14/10/06
Boni	27/06/06	08/10/06
Tiokouy	26/06/06	18/10/06
Tiébélé	15/06/06	14/10/06
Pama	20/06/06	12/10/06
Comin-Yanga	19/06/06	06/11/06

III.2. Caractérisation physico-chimique des sols

La caractérisation physique a consisté à faire une granulométrie trois (3) fractions. Elle a été réalisée par le laboratoire de physique de Saria.

Concernant la caractérisation chimique, les analyses ont porté sur la détermination du carbone, de la matière organique, de l'azote total, du phosphore total, des bases échangeables et du pH. Ces éléments ont été caractérisés dans le laboratoire sol eau plante de l'INERA/Kamboinsé.

Le carbone a été dosé par la méthode de WALKLEY-BLACK.

L'azote total et le phosphore total ont été déterminés par attaque des échantillons de sol par la méthode KJELDALH suivie de dosage à l'auto-analyseur SKALAR (colorimétrie automatique).

Les bases échangeables ont été extraites en utilisant une solution d'acétate d'ammonium et dosées par spectrophotométrie d'absorption atomique.

Le pH a été mesuré au pH-mètre à électrode en verre par la méthode électrométrique avec un rapport sol/solution de 1/ 2,5.

III.3. Extraction et dosage des pesticides organochlorés

La méthode d'extraction des résidus de pesticides organochlorés utilisée est la même que celle qui a été utilisée par TOPAN (2005), SAVADOGO *et al.* (2006), et COULIBALY (2006) dans le laboratoire d'extraction de l'INERA/Kamboinsé.

Le dosage de ces pesticides organochlorés a été effectué à l'Office Nationale des Eaux et de l'Assainissement (ONEA). Le dosage a été réalisé par un chromatographe en phase gazeuse HP 5890 A, muni d'une colonne HP-5 (25 m x 0,2 mm x 0,11 μ m) et doté d'un détecteur EC et d'un passeur automatique. Le tout a été piloté par un ordinateur avec le logiciel Chemstation pour le traitement des données. L'injection a été faite directement sur la colonne avec une pression de 10 PSI à la tête de la colonne. Les chromatogrammes des échantillons sont comparés avec ceux des échantillons de référence. La limite de détection étant de 0,02 μ g/l pour l'endosulfan

III.4. Traitements statistiques des données

Les données collectées ont été préalablement transformées ($X=(x+0,5)^{1/2}$). Les nouvelles données obtenues ont ensuite été traitées à l'aide du logiciel XLSTAT 6.1.9. 3. Le test de Fischer a été utilisé pour la comparaison des moyennes lorsque l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les traitements au seuil de probabilité 5%. Le logiciel EXCEL a été utilisé pour la construction des graphiques.

CHAPITRE III :

RESULTATS ET DISCUSSIONS

I. Résultats

I.1. Caractéristiques physico-chimiques des sols prélevés sur les six sites et à différentes périodes de prélèvement de sol.

Les résultats d'analyse physico-chimique des échantillons de sol prélevés sur les six sites et à différentes périodes de prélèvement de sol sont consignés dans les tableaux 5 et 6.

Tableau 5 : Caractéristiques physico-chimiques des sols de jachère des six sites

Caractéristiques	Sols vertiques			Sols ferrugineux		
	Dossi	Tiébélé	Comin-Yanga	Boni	Tiokouy	Pama
Argiles (%)	15,3	23,3	44,3	13,8	10,3	4,0
Limons (%)	55,9	49,3	45,1	56,1	25,0	17,7
Sables (%)	28,9	27,5	10,7	30,2	64,8	78,4
MO (%) ...	-	1,3	2,2	-	-	0,7
C total (%)	-	0,8	1,3	-	-	0,4
N total (%)...	0,05	0,05	0,09	0,05	0,04	0,03
Ptotal (ppm)	99	149,6	381,0	163,4	136,1	108,4
Bases échangeables (Ca⁺⁺, Mg⁺⁺, Na⁺, K⁺ (meq/100 g)	17,4	44,0	87,6	12,6	13,3	13,4
pH eau	5,6	5,7	5,7	5,6	5,2	5,8
pH KCl.	5,0	5,1	4,8	4,4	5,0	5,7

Dans les sols de Dossi, de Tiébélé et de Comin-Yanga, les teneurs en argiles et en limons sont plus élevées comparativement aux teneurs de ces éléments dans les sols de Boni, Tiokouy et de Pama. La composition granulométrique ainsi obtenue au niveau des sols de Dossi, de Tiébélé et de Comin-Yanga confère à ces sols, une texture limono-argileuse d'après le diagramme de texture (BAIZE, 1988). Ce diagramme classe les sols de Boni, Tiokouy et de Pama parmi les sols sablo-limoneux car les teneurs en sables sont élevées au niveau de ces sols.

De plus, on note au niveau des bases échangeables, que les sols limono-argileux de Dossi, de Tiébélé et de Comin-Yanga, ont les plus fortes valeurs. Cela confirme que les sols de Dossi, de Tiébélé et de Comin-Yanga sont des sols à caractères vertiques et que les sols de Boni, Tiokouy et de Pama sont des sols ferrugineux tropicaux. D'après COLUMA (1977), ces sols vertiques auront tendance à adsorber une quantité importante de pesticides organochlorés comparativement aux sols de Boni, de Tiokouy et de Pama. Cela peut être dangereux pour les microorganismes vivant dans ces sols vertiques car il y a un risque de toxicité.

Tous ces sols présentent un pH acide. Pour BOYER (1982), ce pH acide n'est pas très favorable à l'activité des bactéries fixatrices d'azote et à l'alimentation phosphorique. Ce qui serait à la base de faibles teneurs en azote et en phosphore obtenues dans ces sols sous jachère.

Comme au niveau des jachères, nous remarquons également que quel que soit la période de prélèvement de sol, les argiles dominant au niveau des sols vertiques de Dossi, de Tiébélé et de Comin-Yanga (tableau 6). De même, les teneurs en matière organiques et en bases échangeables sont dominantes sur ces sols. Ces sols vertiques présentent toutes les caractéristiques pour une bonne adsorption des pesticides (COLUMA, 1977).

Le pH est légèrement acide tendant vers la neutralité sur les sols vertiques. Il est cependant acide au niveau des sols ferrugineux. Nous constatons que le taux d'azote et la quantité de phosphore sont élevés sur les sols vertiques de Dossi, de Tiébélé et de Comin-Yanga comparativement aux sols ferrugineux tropicaux de Boni, Tiokouy et de Pama. Cette situation serait liée au pH et à la nature même de ces sols.

Tableau 6 : Caractéristiques physico-chimiques des sols prélevés avant et après les applications insecticides des six sites

Caractéristiques	Sols vertiques						Sols ferrugineux					
	Dossi		Tiébélé		Comin-Yanga		Boni		Tiokouy		Pama	
	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après	Avant	Après
Argiles (%)	23,8	23,8	44,0	44,0	47,0	47,0	16,5	16,5	10,8	10,8	22,0	22,0
Limons (%)	56,7	56,7	36,3	36,3	43,8	43,8	43,8	43,8	45,3	45,3	22,0	22,0
Sables (%)	19,6	19,6	19,7	19,7	8,8	8,8	39,7	39,7	43,8	43,8	56,1	56,1
MO (%) ...	5,7	5,5	2	1,6	1,7	1,6	2,4	1,7	1,1	1,0	1,6	1,2
C total (%)	3,3	3,2	1,1	1,	1	0,9	1,4	1,4	0,6	0,6	0,9	0,7
N total (%)...	0,2	0,2	0,08	0,07	0,08	0,07	0,08	0,09	0,05	0,04	0,04	0,04
Ptotal (ppm)	779	814	175,5	162	353,5	367,2	137	163	134,3	120,7	108,1	108,3
Bases échangeables (Ca ⁺⁺ , Mg ⁺⁺ , Na ⁺ , K ⁺ (meq/100 g)	74,2	75,5	62,1	54,2	67,4	74,8	17,9	25,2	17,6	15,3	15,9	15,3
pH eau	6,3	6,8	6,7	6,4	6,2	6,0	5,4	6,1	5,7	5,6	6	6,4
pH KCl.	6,1	5,9	5,5	4,7	5,3	5,2	4,5	5,4	4,8	4,7	4,7	4,5

I.2. Teneur des pesticides organochlorés dans les sols prélevés et à différentes périodes de prélèvement de sol sur les six sites

Les résultats obtenus à la suite du dosage des pesticides organochlorés dans les échantillons de sol prélevés à différentes périodes de prélèvement de sol sur les six sites sont présentés dans les tableaux 7, 8 et 9.

Tableau 7 : Teneur en pesticides organochlorés des sols de jachère des six sites ($\mu\text{g/g}$ de sol)

Dates de prélèvement	Sols vertiques			Sols ferrugineux		
	28/06/06	15/06/06	19/06/06	27/06/06	26/06/06	20/06/06
Pesticides dosés	Dossi	Tiébébé	Comin-Yanga	Boni	Tiokouy	Pama
Alpha-HCH	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
Beta-HCH	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$
Hexachlorobezène (HCB)	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
Gamma-HCH (Lindane)	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
Heptachlore	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$
Adrine	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$
Isobenzan	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$
Isodrin	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$
Alpha-endosulfan	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
Dieldrine	$< 2.10^{-5}$	$< 2.10^{-5}$	$< 2.10^{-5}$	$< 2.10^{-5}$	$< 2.10^{-5}$	$< 2.10^{-5}$
o,p'-DDD	$< 3.10^{-5}$	$< 3.10^{-5}$	$< 3.10^{-5}$	$< 3.10^{-5}$	$< 3.10^{-5}$	$< 3.10^{-5}$
Endrine	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
Beta-endosulfan	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
o,p'-DDT	$< 3.10^{-5}$	$< 3.10^{-5}$	$< 3.10^{-5}$	$< 3.10^{-5}$	$< 3.10^{-5}$	$< 3.10^{-5}$
P,p'-DDD	$< 2.10^{-5}$	$< 2.10^{-5}$	$< 2.10^{-5}$	$< 2.10^{-5}$	$< 2.10^{-5}$	$< 2.10^{-5}$
endosulfan sulfate	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$	$< 10^{-4}$
P,p'-DDT	$< 1,5.10^{-4}$	$< 1,5.10^{-4}$	$< 1,5.10^{-4}$	$< 1,5.10^{-4}$	$< 1,5.10^{-4}$	$< 1,5.10^{-4}$
Méthoxychlore	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$	$< 5.10^{-5}$

Ces jachères sur lesquelles ont été effectués des prélèvements de sol sont âgées d'environ trente ans. Cela signifie qu'il y a trente ans qu'aucune culture n'a été pratiquée sur ces sols de jachère. Pourtant, nous remarquons la présence de quelques pesticides organochlorés dans ces sols même s'ils sont en quantité non importante par rapport à la norme définie par l'OMS. L'endosulfan est le pesticide organochloré recommandé ces dernières années en culture cotonnière. En plus de ce pesticide, nous remarquons la présence de plusieurs autres pesticides organochlorés dans ces sols et ces pesticides ont la même teneur dans tous les sols des jachères. Cette situation pourrait être liée à la rémanence de ces pesticides dans les sols où à la contamination de ces sols par les ruissellements des eaux de pluie et par le vent. En effet, plusieurs études ont montré que les organochlorés sont très persistants dans les sols.

BOSERET (2000) donne le cas du DDT qui peut persister dans le sol pendant 30 ans, la Lindane 10 ans et l'endosulfan 2 ans.

Un dosage de ces mêmes pesticides organochlorés a été effectué au niveau des échantillons de sol prélevés avant les applications insecticides sur les six sites. Les résultats obtenus sont consignés dans le tableau 8.

Tableau 8 : Teneur en pesticides organochlorés des sols prélevés avant les applications insecticides des six sites en ($\mu\text{g/g}$ de sol).

Dates de prélèvement	Sols vertiques			Sols ferrugineux		
	28/06/06	15/06/06	19/06/06	27/06/06	26/06/06	20/06/06
Pesticides dosés	Dossi	Tiébébé	Comin-Yanga	Boni	Tiokouy	Pama
Alpha-HCH	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
Beta-HCH	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}
Hexachlorobezène (HCB)	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
Gamma-HCH (Lindane)	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
Heptachlore	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}
Adrine	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}
Isobenzan	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}
Isodrin	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}
Alpha-endosulfan	< 10^{-4}	Traces	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
Dieldrine	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}
o,p'-DDD	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}
Endrine	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
Beta-endosulfan	< 10^{-4}	0,012	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
o,p'-DDT	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}
P,p'-DDD	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}
endosulfan sulfate	< 10^{-4}	0,006	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
P,p'-DDT	< $1,5.10^{-4}$	< $1,5.10^{-4}$	< $1,5.10^{-4}$	< $1,5.10^{-4}$	< $1,5.10^{-4}$	< $1,5.10^{-4}$
Méthoxychlore	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}

Les parcelles sur lesquelles ces prélèvements ont été effectués ont pour précédent cultural, le maïs. C'est-à-dire que ces parcelles sont restées un an sans être traitées. L'année précédente, elles avaient reçu 700 g/ha d'endosulfan. Cette dose est celle conseillée en culture cotonnière au Burkina. Ce qui revient à appliquer 0,23 μg d'endosulfan dans un gramme de sol.

Le dosage des pesticides organochlorés dans ces sols montre une teneur constante en ces pesticides. Pour ce qui concerne l'endosulfan, les teneurs obtenues sont très inférieures à celle initialement appliquée (0,23 μg). Plusieurs raisons peuvent expliquer cette situation: Pendant les applications pesticides, une partie de ces pesticides s'est propagée dans l'air, une autre partie est restée au niveau des feuilles et celle qui est arrivée au sol pourrait être entraînée par les eaux de ruissellement, éliminée par dégradation ou entraînée dans les couches profondes du sol

Au niveau de Tiébélé quelques variations dans la teneur de l'endosulfan sont observées. Ces teneurs notées sont également très inférieures comparativement à la teneur initiale de l'endosulfan. Cette teneur de l'endosulfan notée au niveau des sols de Tiébélé pourrait s'expliquer par les caractéristiques physico-chimiques de ce sol à caractère vertique. En effet, ce sol a des teneurs élevées en argile, en matière organique et en bases échangeables qui ont la capacité d'adsorber les pesticides (COLUMA, 1977).

On note également la présence d'un métabolite de l'endosulfan (l'endosulfan sulfate) à 0,006 $\mu\text{g/g}$ de sol. Ce métabolite est capable de persister aussi longtemps dans le sol que l'endosulfan. La présence des autres pesticides serait liée à la rémanence de ces pesticides dans ces sols.

A la fin des six traitements insecticides, des échantillons de sol ont été prélevés au niveau de chaque site pour le dosage des pesticides organochlorés contenus dans ces sols. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau 9

Tableau 9 : Teneur en pesticides organochlorés des sols prélevés après les applications insecticides des six sites en ($\mu\text{g/g}$ de sol)

Dates de prélèvement	Sols vertiques			Sols ferrugineux		
	14/10/06	14/10/06	06/11/06	08/10/06	18/10/06	12/10/06
Pesticides dosés	Dossi	Tiébélé	Comin-Yanga	Boni	Tiokouy	Pama
Alpha-HCH	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
Beta-HCH	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}
Hexachlorobezène (HCB)	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
Gamma-HCH (Lindane)	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
Heptachlore	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}
Adrine	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}
Isobenzan	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}
Isodrin	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}
Alpha-endosulfan	< 10^{-4}	Traces	Traces	Traces	Traces	< 10^{-4}
Dieldrine	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}
o,p'-DDD	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}
Endrine	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}	< 10^{-4}
Beta-endosulfan	< 10^{-4}	0,014	0,017	0,015	Traces	Traces
o,p'-DDT	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}	< 3.10^{-5}
P,p'-DDD	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}	< 2.10^{-5}
endosulfan sulfate	< 10^{-4}	0,023	0,005	0,024	Traces	Traces
P,p'-DDT	< $1,5.10^{-4}$	< $1,5.10^{-4}$	< $1,5.10^{-4}$	< $1,5.10^{-4}$	< $1,5.10^{-4}$	< $1,5.10^{-4}$
Méthoxychlore	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}	< 5.10^{-5}

Après les six traitements insecticides, on note une variation dans la teneur des isomères de l'endosulfan (Alpha et Beta endosulfan) et de son métabolite, l'endosulfan sulfate sur tous les sols sauf au niveau des sols de Dossi où aucun changement n'a été observé. En effet, le site retenu à Dossi est au bas d'une colline. Ce site présente une forte pente si bien qu'après une pluie, les pesticides appliqués sont fortement entraînés vers un cours d'eau situé non loin de ce site. Il peut également s'agir d'un entraînement de ces pesticides dans les couches profondes du sol.

A Tiokouy et Pama, il y a aussi eu une élimination de ces pesticides de l'horizon 0-20 cm. Cela pourrait également être lié à l'entraînement de ces pesticides par les eaux de pluie en surface et/ou en profondeur, ou à une élimination par dégradation de ces pesticides dans ces sols, les sols de Tiokouy et Pama étant des sols ferrugineux tropicaux et n'adsorbant pas les pesticides comme les sols vertiques de Tiébélé et de Comin-Yanga.

L'Alpha endosulfan ne se retrouve qu'en traces dans les sols. Cela est dû au fait qu'il est utilisé en petite proportion par rapport à Beta endosulfan (30/70).

La plus forte teneur en endosulfan est obtenue au niveau du sol vertique de Comin-Yanga. La teneur de son métabolite (l'endosulfan sulfate) est plus élevée au niveau du sol ferrugineux tropical de Boni prouvant que la dégradation est plus importante au niveau des sols ferrugineux tropicaux.

I.3. Teneur de quelques pesticides organochlorés en fonction des sols vertiques et des sols ferrugineux tropicaux prélevés avant et après les applications insecticides

Les données collectées ont été transformées à partir de la formule $(X=(x+0,5)^{1/2})$. L'analyse de variance réalisée sur ces teneurs transformées de Alpha endosulfan, de Beta endosulfan et de l'endosulfan sulfate ne révèle pas de différence significative entre les traitements quel que soit la période de prélèvement. Néanmoins les valeurs numériques obtenues en ces pesticides organochlorés et à différentes périodes de prélèvement sont plus élevées sur les sols vertiques que sur les sols ferrugineux tropicaux sauf les teneurs de Alpha endosulfan qui sont restées constantes sur tous les sols. Les sols vertiques sont donc capables d'adsorber les pesticides en grande quantité comparativement aux sols ferrugineux (figures 1, 2 et 3).

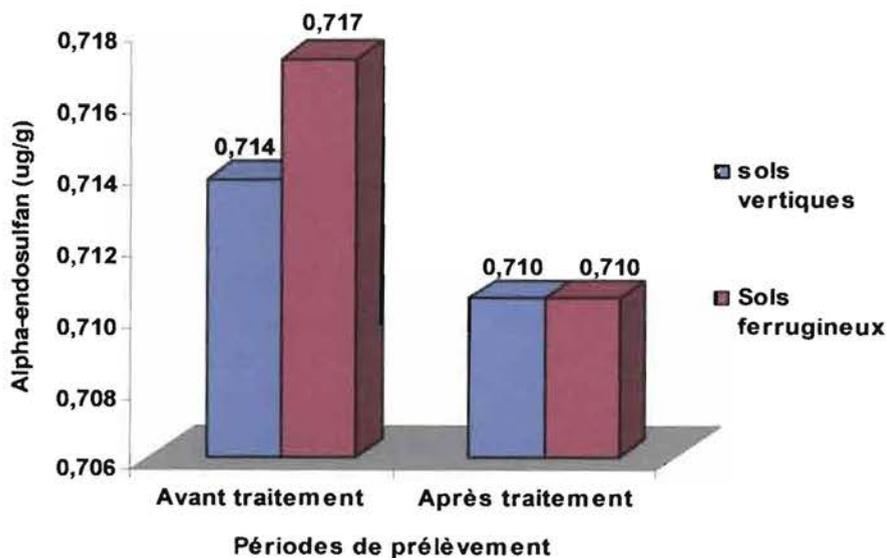


Figure 1: Teneur en Alpha endosulfan sur les sols vertiques et ferrugineux tropicaux prélevés avant et après les applications insecticides

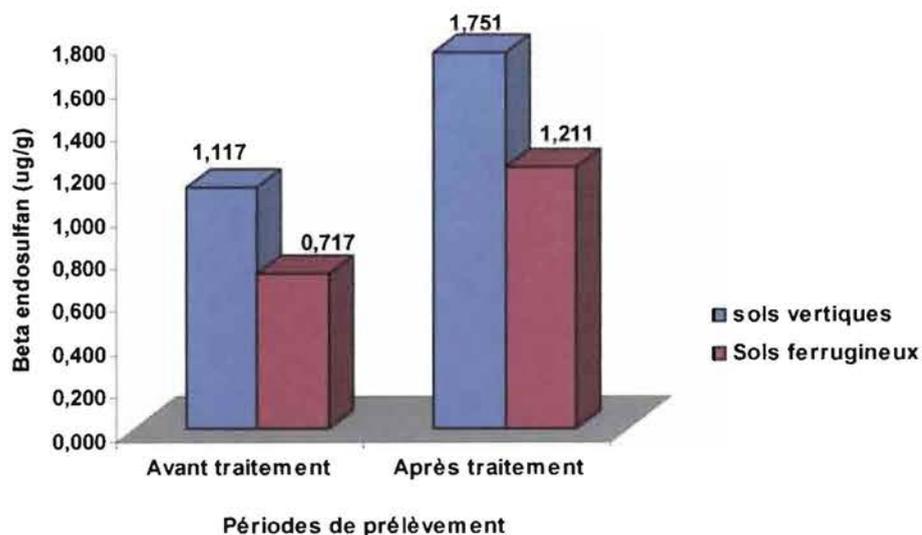


Figure 2: Teneur en Beta endosulfan sur les sols vertiques et sols ferrugineux tropicaux prélevés avant et après les applications insecticides

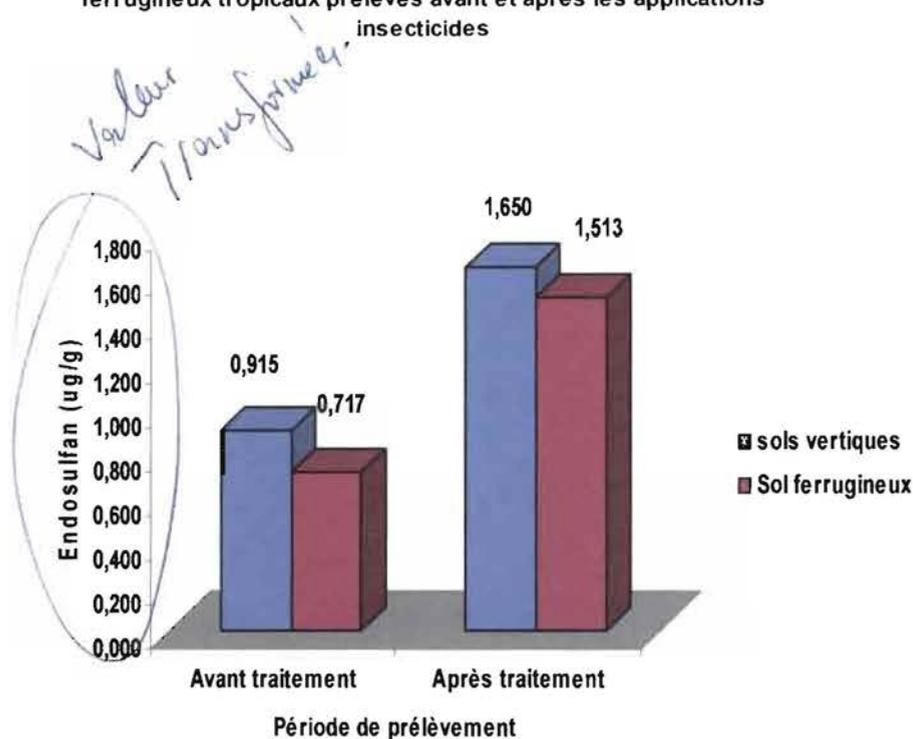


Figure 3: Teneur en endosulfan sulfate sur les sols vertiques et ferrugineux tropicaux prélevés avant et après les applications insecticides

II. Discussion

Les résultats obtenus montrent que l'endosulfan et l'endosulfan sulfate sont présents aussi bien sur les sols vertiques que sur les sols ferrugineux tropicaux. Cependant, les teneurs de l'endosulfan dosées dans ces sols sont inférieures à la teneur initiale de l'endosulfan appliqué sur ces sols (0,23 $\mu\text{g/g}$ de sol). Une étude menée par SAVADOGO *et al.* (2006) a aussi montré une contamination des sols de Boni, de Kaïbo, de Farako-Bâ, de Dankuy, Fankuy... par l'endosulfan dont la teneur varie de 1 à 22 $\mu\text{g/kg}$ de sol tant en milieu paysan qu'en station de recherche.

Les analyses statistiques n'ont pas révélé de différences significatives entre les traitements quel que soit la période de prélèvement de sol. Cependant, les valeurs numériques montrent que l'endosulfan et l'endosulfan sulfate se trouvent en grandes quantités dans les sols vertiques comparativement aux sols ferrugineux tropicaux surtout après les traitements insecticides. Cela pourrait s'expliquer par la nature de ces deux sols. Les analyses physico-chimiques de ces différents sols montrent que les teneurs en argile (24-44%) sont plus élevées dans les sols vertiques que dans les sols ferrugineux tropicaux où les teneurs en argile varient entre 11 et 22%. Ici, il peut s'agir du phénomène de la rétention de l'endosulfan (peu soluble dans l'eau) par les colloïdes des sols vertiques. En effet, COLUMA (1977), présente les propriétés d'adsorption des argiles. Pour lui, trois caractéristiques des argiles jouent un rôle déterminant dans l'adsorption des pesticides (herbicides par exemple). Ce sont: la grande surface portant une charge électrique négative, les cations compensateurs, et les molécules d'eau d'hydratation de l'argile.

De même les taux en matière organique (1,6-5,7%), en azote et en bases échangeables sont plus élevés dans les sols vertiques que dans les sols ferrugineux tropicaux (1-2,4% de matière organique). Ici, il peut également s'agir du phénomène de la rétention de l'endosulfan par la matière organique des sols vertiques. En effet, l'influence de la matière organique sur l'activité des pesticides a été déjà mise en évidence. De nombreux travaux notamment ceux de DOHERTY et WARREN (1969), ont montré que la matière organique était à l'origine d'une inactivation notable et qu'il existait une corrélation entre sa teneur dans les sols et la phytotoxicité des pesticides. L'expérience a montré que la matière organique adsorbe les pesticides en quantités souvent plus importantes que les argiles. Les mesures faites par BOUCHET (1966); COLUMA (1977) et CALVET *et al.* (1980), montrent que l'aptitude d'un

sol à adsorber des pesticides dépend beaucoup de la présence de la matière organique dans ce sol.

La diminution constatée au niveau des teneurs en endosulfan dans les sols (tableaux 8 et 9) fait penser à une dégradation de ce pesticide dans ces sols. Cela a également été mis en évidence dans les sols vertiques, ferrugineux tropicaux et ferrallitiques sous culture de coton par SAVADOGO *et al.* (2006), COULIBALY (2006)

Bien qu'il n'y ait pas de différence significative entre les traitements, les valeurs numériques montrent que la dégradation de l'endosulfan et de l'endosulfan sulfate est plus lente au niveau des sols vertiques qu'au niveau des sols ferrugineux tropicaux. Cette situation est peut être liée à la teneur de ces pesticides dans ces sols. Les résultats d'études obtenus par COULIBALY (2006) montrent que la dégradation de l'endosulfan est plus rapide sur les sols ferrugineux tropicaux de Boni et sur les sols ferrallitiques de Farako-Bâ par rapport aux sols vertiques de Kaïbo. Cet auteur a mis en évidence, l'effet de la concentration de l'endosulfan sur sa vitesse de dégradation dans ces types de sol. Il a trouvé que la dose de 6 ppm se dégradait plus rapidement sur les sols ferrugineux tropicaux et ferrallitiques comparativement à la dose de 3 ppm. C'est l'effet contraire qui s'est produit sur les sols vertiques de Kaïbo. Les mêmes résultats ont été obtenus par AWASTHI *et al.* (2000) à des concentrations de 50 et 100 ppm. Les fortes concentrations de l'endosulfan sur les sols vertiques inhiberaient donc l'activité de dégradation de l'endosulfan.

La vitesse de dégradation de l'endosulfan et de l'endosulfan sulfate dans un sol peut être aussi liée à la teneur en matière organique et en argiles contenue dans ce sol. Pour COLUMA (1977), ce sont la matière organique et les argiles qui contribuent le plus aux transformations chimiques des pesticides dans le sol. Pour lui, la matière organique est susceptible de présenter une grande réactivité chimique du fait de ses nombreux groupements fonctionnels. Quant aux argiles, par leurs propriétés de catalyseur de surface, elles peuvent provoquer la transformation chimique des molécules organiques adsorbées. Il est à noter que sur la matière organique et sur les argiles, cette adsorption peut aussi protéger le pesticide d'une dégradation microbienne. Elle peut soit soustraire des molécules à l'action enzymatique, soit inactiver les enzymes, ou encore modifier l'activité des microorganismes eux-mêmes.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Le sol est essentiel aux Hommes. Les usages qu'ils en font peuvent être d'ordre agricole, forestier, industriel, urbain, mais aussi d'ordre écologique. Selon COUDRAY et BOUGUERRA (1994), il n'y a pas de développement des sociétés sans utilisation des sols. Pour eux, l'avenir est à l'équilibre entre les potentialités du sol et la pression des activités humaines, et cet équilibre n'a de chance d'être respecté que si l'homme apprend à connaître le sol.

L'utilisation des pesticides chimiques de synthèse de plus en plus fréquente dans les pays en voie de développement, a des conséquences très néfastes sur l'environnement. La détermination des caractéristiques physico-chimiques des sols utilisés a permis de caractériser les sols vertiques et les sols ferrugineux tropicaux et de voir l'évolution des isomères de l'endosulfan et de l'endosulfan sulfate dans ces sols. L'étude a mis en évidence l'importance de la teneur des argiles et de la matière organique dans l'adsorption des pesticides organochlorés. Ainsi, les fortes teneurs en l'endosulfan ont été obtenues dans les sols vertiques. Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements comparés. L'adsorption des pesticides au niveau des sols vertiques peut être dangereux pour ces sols car il pourrait y avoir un problème de toxicité entraînant la baisse de la fertilité de ces sols.

Après les applications insecticides sur ces sols, on a constaté une baisse dans la teneur en endosulfan par rapport à sa teneur initiale de 0,23 ug/g de sol dans ces sols. Une dégradation serait intervenue au cours de l'année.

La pollution des sols par l'endosulfan est un problème très sérieux si bien qu'il est nécessaire de chercher des solutions à son utilisation et aussi des alternatives réalistes. Il serait nécessaire que l'accent soit mis sur la recherche d'autres produits naturels (substances naturelles à base des champignons...) capables de lutter efficacement contre les ennemis de la culture cotonnière tout en préservant la santé humaine, animale et l'environnement (sols, eaux).

Le cas spécifique de la pollution des sols vertiques mérite d'être bien étudié. La culture cotonnière sur ces sols pourrait vite les épuiser car l'adsorption des pesticides au niveau de ces sols inhibe l'activité microbienne et donc entraînerait rapidement la baisse de la fertilité de ces sols. Il serait donc nécessaire de pratiquer sur ces sols, uniquement des cultures

céréalières et légumineuses qui ne nécessitent pas l'utilisation de produits chimiques (engrais et pesticides).

L'étude sur le devenir des résidus de pesticides dans les sols vertiques et des sols ferrugineux tropicaux pourrait être approfondie en:

- s'intéressant toujours aux sols vertiques et aux sols ferrugineux tropicaux, prélevés aux horizons plus profonds (20-40 cm et 40-60 cm) pour mettre en évidence l'évolution de l'endosulfan en fonction de ces sols pour une meilleure gestion des risques;
- s'intéressant aux nouvelles zones et aux anciennes zones de cultures cotonnières en milieu paysan et en stations de recherche pour voir l'effet de l'ancienneté de la culture cotonnière sur la teneur des isomères de l'endosulfan et de l'endosulfan sulfate et toujours sur les sols vertiques et ferrugineux tropicaux.
- prélevant des échantillons d'eau au niveau des sites retenus pour voir la teneur en endosulfan dans ces eaux présentes sur ces différents sols.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMEZIANE T., PERSOONS H. E., 1995. Agronomie moderne: Bases physiologiques et agronomiques de la production végétale, pp 401-424.

AWASTHI N., AHUJA R. and KUMAR A., 2000. Factors influencing the degradation of soil-applied endosulfan isomers. *Soil Biol. And Bioch.* (32). Pp. 1697-1705

BAILLY R. et DUBOIS G., 1977. Index phytosanitaire : produits insecticides, fongicides herbicides. 14^{ème} édition. 400 p.

BAIZE D., 1988. Guide des analyses courantes en pédologie. INRA, 172 p.

BARRIUSO E., CALVET R., SCHIAVON M. et SOULAS G., 1996. Les pesticides et les polluants organiques des sols, Forum « le sol, un patrimoine menacé? » numéro spécial : pp 279-295.

BONZY Y., PW. SAVADOGO, R NEBIE et H. TAPSOBA 2004. Etude environnementale : pollution des eaux en zone cotonnière et maraîchère par les pesticides. Communication lors de la 6^{ème} édition FRSIT. Ouagadougou. Burkina Faso. 23 pages

BOSERET J. PH., 2000. Pollution des sols : les pesticides. Copyright, 10p

BOUCHET F., 1966. Influence de la nature du sol sur l'action herbicide de la simazine. ITCF Paris. 154 p.

BOYER J., 1982. Les sols ferrallitiques. Tome X. Facteurs de fertilité et utilisation des sols. Initiation-Documentations techniques n° 52, ORSTOM-Paris, 384 p.

BUYS M., GUYOT C., BARCIET F., 1991. Comportement des produits agropharmaceutiques dans le sol: Comment l'étudier et le comprendre. Article de synthèse, 4 p.

CALVET R., TERCÉ M. et ARVIEU J. C., 1980. Adsorption des pesticides par les sols et leurs constituants. *Ann. Agron.* (31) : pp 33-385.

CALVET R., BARRIUSO E., BEDOS C., BENOIT P., CHARNAY M. P., COQUET Y., 2005. Les pesticides dans le sol: Conséquences agronomiques et environnementales, 637 p.

- COLUMA, 1977.** Les herbicides et le sol. ACTA, 143 p.
- COUDRAY J., BOUGUERRA M. L., 1994.** Environnement en milieu tropical. Actualité scientifique, 195 p.
- COULIBALY K., 2006.** Contribution à l'étude des effets de l'endosulfan sur les paramètres biologiques de trois types de sol en zone cotonnière du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (IDR). 53 p.
- DAKUO D., 2005.** Contribution de la SOFITEX à l'atelier sur les biotechnologies modernes. Niamey du 7 au 8 novembre 2001. Communication personnelle.
- DEJOUX C., 1988.** La pollution des eaux continentales africaines: Expérience acquise, situations actuelles et perspectives. Collection des travaux et documents n° 213. 511 p.
- DIAO M. B., 2004.** Situation et contraintes des systèmes urbains et périurbains de production horticole et animale dans la région de Dakar. Article/Cahiers/Agricultures. 7 p.
- DOHERTY P. J. and WARREN G. F., 1969.** The adsorption of four herbicides by different types of organic matter and a bentonite clay. Weed Res. 9. Pp 20-26.
- DOMO Y. 1996.** Etude épidémiologique des intoxications aux pesticides dans la province cotonnière du Mouhoun au Burkina Faso. Thèse pour le grade de Docteur en pharmacie, Université de Ouagadougou, 89 p.
- FAO., 1996.** Elimination de grandes quantités de pesticides périmés dans les pays en voie de développement. Collection FAO, 46 p.
- FEIGENBRUGEL V., 2005.** Devenir atmosphérique des pesticides : distribution entre les différentes phases de l'atmosphère et oxydation photo chimique. Thèse de Doctorat à l'Université Louis Pasteur de Strasbourg. Discipline chimie physique. 215 p. eprints-scd-ulp.u-strasbg.fr consulter le 08 juin 2006.
- ILLA C., 2004.** Etat de la contamination des sols et des eaux par les pesticides en zone cotonnière: La Boucle du Mouhoun (Burkina Faso). Mémoire D.E.S.S., Université de Ouagadougou. 52 p.

JILANI S. and KHAN M. A., 2004. Isolation, characterisation and growth response of pesticides degrading bacteria. Pakistan Journal of Biological Sciences 4(1). Pp. 15-20

KOMBOUDRY N., 1984. Etude de l'importance du parasitisme et des associations de produits insecticides en culture cotonnière. 77 p.

MAHRH/DSA, 2004. La production du coton de la campagne 2003/2004, pp 1-3.

MWEVURA H., OTHMAN O. C., MHEHE G. L., 2002. Organochlorine pesticide residues in sediments and biota from the coastal area of Dar es Salaam city, Tanzania. Article in press, 6 p.

NEBIE R.C., YAMEOGO T.R. et SIE S.F. 2002. Résidus de pesticides dans quelques produits alimentaires de grande consommation au Burkina Faso. Bulletin d'information de la SOACHIM N°4, pp 68-78.

OUEDRAOGO E., NONGUIERMA B., 2003. Risques climatiques et agroécologie au Burkina Faso, un pas vers la synergie. Atelier PANA du 23 Octobre, 2003. 8 p. www.ceas-ong.net consulté le 15 avril, 2007.

PAN africa, 2003. Les pesticides au Sénégal. 2^{ème} édition. Pp 16-21.

SAVADOGO W.P., TRAORE 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. Article publié dans le Journal Africain des Sciences de l'Environnement. Numéro 1,29-39. Pp 29-39.

SAVADOGO W.P., OUATTARA A.S., SEDOGO P.M. and TRAORE A.S., 2007. Anaerobic biodegradation of Sumithion an Organophosphorus insecticide used in Burkina Faso agriculture by acclimatized indigenous Bacteria. Pakistan Journal of Biological Sciences 10(11). Pp. 1896-1905.

SEMENT G., 1986. Le cotonnier en Afrique tropicale. Technique d'agriculture tropicale. Editions Maisonneuve et Larose, 131 p.

SIGRIST J. C., 1992. Pratiques paysannes et utilisation des intrants en culture cotonnière au Nord Cameroun. Mémoire de fin d'étude 111 p.

SOCLO H. H., DJIBRIL R. B., ISSA Y. M., 2005. Les résidus de pesticides organochlorés dans l'environnement au Benin. Unité de Recherche en Ecotoxicologie et Etude de Qualité (UREEQ); Ecole Polytechnique de l'Université d'Abomey-Calavi-Benin.

SOMASUNDARAM L. and COATS J. R., 1990. Pesticide transformation products in the environment. ACS symposium series 459. 30 p.

TOE A.M., DOMO Y., HEMA S.A.O., GUISSOU I.P. 2000. Epidémiologie des intoxications aux pesticides et activité cholinestérasique chez les producteurs de coton de la zone cotonnière de la boucle du Mouhoun. Etudes et Recherches n° 4-5 Janvier-Décembre 2000. Les pesticides au Sahel : utilisation, impact et alternatives, pp 39-48.

TOE A. M., 2003. Les limites maximales de résidus de pesticides dans les produits agricoles d'exportation dans trois pays du CILSS. Etude du Burkina Faso. 56 p.

fao.pesticides@agrosoc.insah.ml

TOPAN M. S., 2005. Contribution à l'étude de la dégradation des pesticides dans les sols au Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur en Agonomie (IDR, UPB), 54 p.

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

WILMA A., KOEN B., INGE H., MARLEN K., HAROLD V. V., 1989. Pesticides: composition, utilisation et risques, CTA, 54