

BURKINA FASO
Unité – Progrès – Justice

**MINISTERE DES ENSEIGNEMENTS SECONDAIRE, SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
(M.E.S.S.R.S)**

.....

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

**CENTRE NATIONAL DE RECHERCHE
SCIENTIFIQUE ET TECHNOLOGIQUE
(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 DE FIN D'ETUDES

Présenté en vue de l'obtention du
DIPLOME D'INGENIEUR DU DEVELOPPEMENT RURAL
Option : Agronomie

THEME :

**CONTRIBUTION A L'ETUDE DE LA DEGRADATION DES
PESTICIDES DANS LES SOLS AU BURKINA FASO**

Directeur de Mémoire : Dr Bernard BACYE

Maitre de Stage : Dr Michel P. SEDOGO

Co-Maitre de stage : Dr Paul W. SAVADOGO

TOPAN Sa Mariam

Juin 2005

DEDICACE



A

- Mes parents, TOPAN Tiara Omar et TOPAN / ZERBO Habi qui m'ont appris le sens de l'intégrité, de la loyauté, de la générosité et du travail bien fait, puisse DIEU, le tout puissant les accepter auprès de lui dans leur repos éternel;
- Mes frères, ZERBO Salif, TOPAN Aboubacar et TOPAN Ali que leurs âmes reposent en paix ;
- Mon camarade MILLOGO Moussa qui a été rappelé à DIEU au cours de notre formation, que son âme repose en paix ;
- Mon frère TOPAN Issa qui a consenti de nombreux sacrifices pour ma formation scolaire et universitaire. Puisse ce travail lui donner une grande satisfaction ;
- TOPAN /BORRO Fati qui a été ma seconde mère ;
- Mes frères : Adama, Ibrahim, Adiaratou, Kassoum, Aziz et Rokiatou ; TOPAN/OUEDRAOGO Patricia ma Belle sœur ; mes neveux : Habi, Djamila, Souleymane et Omar qui m'ont toujours témoigné leur amour et leur soutien;
- Mes amis TIENDREBEOGO Souleymane, NANEMA Romaric, NANA Angelina, YANABA Habiba, COMPAORE Placide et ROUAMBA/SAWADOGO Sylvie qui m'ont toujours soutenu dans les moments difficiles.

Je dédie ce présent mémoire !

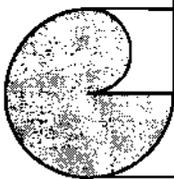


TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	V
SIGLES ET ABBREVIATIONS.....	VIII
LISTE DES FIGURES.....	IX
LISTE DES TABLEAUX	X
RESUME	XI
INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES PESTICIDES	4
I-DEFINITION	4
II-CLASSIFICATION DES PESTICIDES.....	4
2-1-Organochlorés (OC).....	4
2-2-Organophosphorés (OP).....	5
2-3-Carbamates.....	5
2-4-Pyréthroïdes	5
2-5-Autres pesticides.....	6
II- TOXICITE DES PESTICIDES	7
III- REGLEMENTATIONS PHYTOSANITAIRES	7
3-1-Réglementations internationales.....	7
3-1-1-Convention de Rotterdam ou convention PIC	8
3-1-2-Convention de Stockholm ou convention sur les polluants organiques persistants « POPs ».....	8
3-1-3-Code de conduite de la FAO	8
3-2-Réglementations sous régionales	8
3-3-Réglementations au Burkina Faso.....	9
3-3-1-Historique	9
3-3-2-Réglementations sur les pesticides	10
CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES MILIEUX D'ETUDE	11

I- SITUATION GEOGRAPHIQUE	11
II- CLIMAT	12
2-1-Pluviometrie.....	12
2-2-Températures	13
2-3- Vents.....	15
2-4-Insolation	15
III -VEGETATION.....	16
IV- SOLS	16
CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES	17
I- MATERIELS D'ETUDE	17
1-1-Support de l'étude.....	17
1-2-Sols.....	17
1-2-1-Description synthétique des sols des sites d'étude	18
1-2-2-Caractéristiques physico-chimiques des sols d'étude.....	18
1-3-Les molécules testées.....	19
1-3-1-Profénofos.....	20
1-3-2-Triazophos.....	20
1-3-3-Cyperméthrine	20
1-3-4-Endosulfan.....	20
II- METHODOLOGIE	20
2-1-Echantillonnage des sols	20
2-2-Etude en milieu réel : caractérisation des pesticides aux champs	21
2-3-Etude en milieu contrôlé.....	21
2-3-1-Evolution de l'Endosulfan dans les différents sols en fonction de la température	22
2-3-2-Evaluation des effets des apports organiques sur l'évolution de l'Endosulfan dans les sols.....	22
2-3-3-Etude des effets de l'Endosulfan et du Profénofos sur l'activité biologique de trois sols en fonction des apports organiques.....	23
III- ANALYSES PHYSICO-CHIMIQUES.....	24
3-1-Analyses granulométriques du sol.....	24
3-2-pH	24

3-3-Carbone total et matière organique	24
3-4-Azote total.....	25
3-5-Phosphore total.....	25
3-6-les bases échangeables.....	25
3-7-Extraction des pesticides dans les sols.....	25
3-8-Dosage des résidus pesticides	26
IV-ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES.....	26
CHAPITRE 4 : RESULTATS –DISCUSSION	27
I-ETAT DE CONTAMINATION DES SOLS ET DYNAMIQUE DES PESTICIDES AUX CHAMPS	27
1-1-Résultats.....	27
1-2-Discussion.....	28
II- DYNAMIQUE DE DEGRADATION DE L’ENDOSULFAN EN CONDITION CONTROLEE.....	29
2-1-Résultats	29
2-1-1-Effet de la température sur la dégradation de l’ Endosulfan dans le sol	29
2-1-1-1- Evolution de l’Endosulfan dans les sols faiblement ferrallitiques (Farako- Bâ)	32
2-1-1-2-Evolution de l’Endosulfan dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni).....	32
2-1-1-3-Evolution de l’Endosulfan dans les sols brun eutrophes (Kaibo)	32
2-1-2-Effet de la matière organique sur la dégradation de l’Endosulfan dans les sols	32
2-1-2-1- Evolution de l’Endosulfan dans les sols faiblement ferrallitiques (Farako- Bâ)	35
2-1-2-2- Evolution de l’Endosulfan dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés (Boni).....	35
2-1-2-3-Evolution de l’Endosulfan dans les sols bruns eutrophes hydromorphes/vertique (Kaibo).....	35
2-2- Discussion.....	35
2-3-Conclusion partielle	38
III- EVALUATION DES EFFETS DE L’ENDOSULFAN ET DU PROFENOFOS SUR L’ACTIVITE BIOLOGIQUE DE TROIS SOLS EN FONCTION DES APPORTS ORGANIQUES.....	38
3-1-Résultats.....	38
3-1-1-Quantités cumulées du CO2 dégagé.....	38

3-1-1-1-Quantités cumulées du CO ₂ dégagé dans les sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ) en présence des pesticides après 13 jours d'incubation	44
3-1-1-2-Quantités cumulées du CO ₂ dégagé dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni) en présence des pesticides après 13 jours d'incubation	44
3-1-1-3-Quantités cumulées du CO ₂ dégagé dans les sols bruns eutrophes hydromorphes /vertiques (kaibo) en fonction des pesticides après 13 jours d'incubation.	45
3-1-2-Taux de minéralisation globale (TMG)	45
3-1-2-Taux de minéralisation complémentaire (TMC)	49
3-2-Discussion.....	54
CONCLUSION GENERALE.....	57
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	59

REMERCIEMENTS

Ce mémoire a bénéficié de la collaboration de plusieurs personnes et organismes.

Aussi, nous saisissons cette opportunité pour témoigner à tous, notre profonde gratitude

Nous adressons nos remerciements :

- Au Dr OUEDRAOGO T. Jérémy chef du CREAM/Kamboinsé pour nous avoir acceptés dans sa structure de recherche ;
- Au Dr HIEN Victor, chef de département GRN/SP qui bien voulu nous accepter dans son département depuis notre stage de fin d'étude de la première année IDR ;
- Au Dr SEDOGO P. Michel, Directeur de recherche au département GRN/SP, notre maître de stage qui malgré ses multiples charges, a accepté l'encadrement scientifique de ce travail. Nous avons bénéficié de ses conseils et suggestions depuis la conception de ce travail, jusqu'à la correction du Mémoire ;
- Au Dr SAVADOGO W. Paul, attaché de recherche au département GRN/SP, notre co-maître de stage, qui malgré ses nombreuses occupations a bien voulu contribuer à notre encadrement scientifique. Il a su par ses qualités humaines et son amour pour le travail, nous orienter vers la Recherche;
- Au Dr B. BACYE, maître assistant, notre directeur de mémoire, qui a accepté en dépit de ses charges diverses, de nous assister. Ses critiques et suggestions nous ont été d'un grand intérêt.

Nous tenons à remercier également les personnes suivantes :

- Dr Ouola TRAORE, chef du programme Coton de l'INERA/Farako-Bâ ainsi que tout le personnel en particulier, Mr HEMA Omer, COULIBALY Bazouma, SO Boulaye, pour la collaboration fructueuse dans ce travail ;
- Dr TOE Adama de l'IRSS/Bobo pour ses conseils et les informations fournies ;
- Nous témoignons notre profonde gratitude au Pr. BONZI/COULIBALY Yvonne enseignante/chercheur au CEPAPE/UO pour nous avoir acceptés dans son laboratoire de chimie à l'UFR/ S.E.A pendant la phase d'extraction des pesticides et aussi pour tout l'intérêt qu'elle a porté à notre travail. Nous remercions sincèrement l'étudiant de troisième cycle, TAPSOBA Hermann pour toute l'aide qu'il nous a apporté pendant nos manipulations à l'UFR/S.E.A.
- Il nous importe de saluer et de manifester notre reconnaissance à M. OUANDAOGO Noufou Ingénieur de recherche du département GRN/SP pour ses suggestions et son

- Aux camarades stagiaires de Kamboinsé (KIBA D. Innocent ; CESSOUMA Bamadou ; DAO Abdoulaye, KOITA Estelle) pour la bonne cohabitation ; nous n'oublions pas les stagiaires de Matourkou (GOUNTAN André, TIENDREBEOGO Michel, YANOGO Judichael et SAVADOGO Iliassa)
- A tous nos camarades de classe particulièrement :COULIBALY Pane, SOGORE Assita, DRABO Abdoulaye, WONNI Issa, DIMA Yacinthe , aux grands frères de l'I.D.R (KABORE Bernard, KABORE Théodore) et à toutes les filles de la 29^{ème} promotion pour la bonne collaboration et l'ambiance conviviale durant cette formation ;
- A tous nos parents en particulier M.Christophe et Clémentine DABIRE, Madame YAOGO Mariam et amis (Hubert, Fidel, Nelly, Nafi, Aida, Olga, Chantal et Safiatou) pour le soutien moral durant notre parcours scolaire.
- A tout le personnel du C.R.E.A.F de Kamboinsé pour leur soutien divers.

Une grande partie de notre travail a été réalisé grâce :

- au soutien financier de la Fondation Internationale pour les sciences (FIS) à travers une bourse de recherche octroyée au Dr Paul SAVADOGO ;
- à une bourse de l'ANAFE que j'ai obtenu grâce à la diligence du Professeur ZOUNGRANA/KABORE Chantal à qui nous témoignons toute notre reconnaissance ;
- au Programme Coton/SOFITEX dans le cadre des analyses de sol et pesticides.

Nous tenons à remercier ces structures pour ce soutien financier.

QUE DIEU NOUS BENISSE ET EXAUCE NOS VŒUX !

SIGLES ET ABBREVIATIONS

AFNOR : Association Française de Normalisation,

BUNASOLS : Bureau National des Sols

C. E. P. A. P. E : Centre d'Etude pour la Promotion, l'Aménagement et la Protection de l'Environnement

C. I. L. S. S : Comité Inter -états de lutte contre la Sécheresse dans le Sahel

C.R.E.A.F : Centre de Recherches Environnementales, Agricoles et de Formation

D. G .P .V : Direction Générale des protections Végétales

F. A. O : Organisation des Nations Unis pour l'agriculture.

GRN/SP : Gestion des Ressources Naturelles et Systèmes de Productions

I.R.S.S : Institut de Recherche en Sciences de la Santé.

IDR : Institut du Développement Rural

IN. E. R. A : Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles

L.N.S.P : Laboratoire National de Santé Public.

N. T : Non traité

O.M.S : Organisation Mondiale de la Santé

O.N.E.A : Office Nationale des Eaux et de l'Assainissement

P. P : Protection Poussée

P. S : Protection Standard

P.N.U.D : Programme des Nations Unies pour le Développement

POPs : Polluants Organiques Persistants.

S. E .A : Sciences Exactes et Appliquées

S. E P : Sol- Eau- Plante

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Pluviométrie moyenne mensuelle des sites d'étude de la période de 1993 à 2003	13
Figure 2 : Caractéristiques thermiques des sites d'étude de 1993 à 2003	14
Figure 3 : Vitesse moyenne mensuelle du vent à 10 mètres du sol de 1993 à 2003	15
Figure 4 : Schéma d'implantation du dispositif expérimental en milieu réel	17
Figure 5 : Prélèvement des échantillons de sol	21
Figure 6 : Evolution de l'Endosulfan dans chaque type de sol en fonction des températures et du temps d'incubation.	31
Figure 7 : Evolution de l'Endosulfan dans chaque type de sol en fonction des apports organiques et du temps d'incubation	34
Figure 8 : Productions cumulées de CO ₂ des sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ) en présence d'Endosulfan et des apports organiques.....	40
Figure 9 : Productions cumulées de CO ₂ des sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ) en présence du Profénofos et des apports organiques.....	40
Figure 10 : Productions cumulées de CO ₂ des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni) en fonction de l'Endosulfan et des apports organiques	41
Figure 11 : Productions cumulées de CO ₂ des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni) en fonction de du Profénofos et des apports organiques	41
Figure 12 : Productions cumulées de CO ₂ des sols bruns eutrophes hydromorphes vertiques (Kaibo) en fonction de l'Endosulfan et des apports organiques	42
Figure 13 : Productions cumulées de CO ₂ des sols bruns eutrophes hydromorphes vertiques (Kaibo) en fonction du Profénofos et des apports organiques	42
Figure 14 : Taux de minéralisation globale dans les sols en présence d'Endosulfan et des apports organiques	47
Figure 15 : Taux de minéralisation globale dans les sols en présence de Profénofos et des apports organiques	48
Figure 16 : Taux de minéralisation complémentaire des sols en présence de l'Endosulfan et des apports organiques.....	51
Figure 17 : Taux de minéralisation complémentaire dans en présence du Profénofos et en fonction des apports organiques	52

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: structures chimiques de quelques matières actives	6
Tableau 2 : Localisation des zones d'étude.....	12
Tableau 3: caractéristiques du climat de la période de 1993 à 2003.....	12
Tableau 4 : Répartition de la végétation.....	16
Tableau 5 : Caractéristiques physico chimiques de la couche 0-20 cm des sols hors culture des sites de Farako-Bâ, Boni et Kaibo.....	19
Tableau 6: Résultats des analyses de pesticides (en mg/kg de sol) dans les sols.....	27
Tableau 7 :Effet de l'Endosulfan sur le dégagement cumulé du CO ₂ (mg/100g de sol) après 13 jours d'incubation des sols .en fonction des apports organiques	43
Tableau 8 :Effet du Profénofos sur le dégagement cumulé du CO ₂ (mg/100g de sol) après 13 jours d'incubation des sols en fonction des apports organiques	43
Tableau 9 : Analyses statistiques (Anova) du comportement des sols et des traitements sous l'effet des pesticides après 13 jours d'incubation (Taux de minéralisation globale du carbone : TMG)	45
Tableau 10 : Cumul du taux de minéralisation globale (TMG) du carbone des sols sous l'effet des pesticides au 13 ^{ème} jour d'incubation).....	49
Tableau 11 : Cumul du taux de minéralisation globale (TMG) du carbone en fonction des traitements au 13 ^{ème} jour d'incubation	49
Tableau 12 : Analyses statistiques (Anova) du comportement des sols et des traitements sous l'effet des pesticides (Taux de minéralisation complémentaire du carbone au 13 ^{ème} jour d'incubation)	50
Tableau 13 : Cumul du taux de minéralisation complémentaire (TMC) du carbone des sols sous l'effet des pesticides au 13 ^{ème} jour d'incubation.....	53
Tableau 14 : Cumul du taux de minéralisation complémentaire (TMC) du carbone en fonction des traitements au 13 ^{ème} jour d'incubation	53

RESUME

Le développement de l'agriculture au Burkina Faso ces dernières années, s'est fait conjointement avec l'utilisation intensive des intrants (engrais et pesticides). Cependant ces intrants chimiques en particulier les pesticides peuvent constituer un danger pour l'environnement notamment la pollution des sols.

Dans l'objectif de contribuer à la dépollution de ces sols, des organochlorés et des pyréthriinoïdes ont été recherchés dans des sols localisés dans la zone cotonnière. Il s'agit des sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ), des sols ferrugineux tropicaux lessivés (Boni) et des sols brun eutrophes hydromorphes / vertique (Kaïbo) prélevés sur un dispositif en bloc simple à deux répétitions avec trois niveaux de protection phytosanitaire (NT=non traité, PS=protection standard et PP=protection poussée). Des incubations de ces sols sous jachère à 3 températures (28°C, 33°C et 40°C) et des incubations avec des apports organiques (dose simple de fumier 3mg/kg de sol sec et dose double 6mg/kg de sol sec) en présence de 3 ppm d'Endosulfan ainsi que des suivis de la minéralisation du carbone des sols non amendés et amendés (dose simple et dose double) en présence d'Endosulfan et de Profénofos ont été effectués au laboratoire.

La caractérisation des pesticides en milieu réel a révélé une contamination des sols par des organochlorés (Dieldrine : 0,001-0,033 mg/kg de sol ; Endosulfan : 0,005-0,378 mg/kg de sol) et un pyréthriinoïde (Perméthrine : 0,009-0,01 mg/kg de sol). Les tests conduits au laboratoire ont montré que (1) la dégradation de l'Endosulfan est plus avancée à la température de 40°C dans l'ensemble des sols, qu'à la température de 28°C ; (2) les apports organiques à dose simple et à dose double contribuent à améliorer la dégradation de l'Endosulfan dans les sols ; (3) les sols brun eutrophes dégradent plus rapidement l'Endosulfan contre une faible dégradation dans les sols faiblement ferrallitiques ; (4). Toutefois la dose de pesticides (3ppm) apportée et qui est voisine de la dose d'application des pesticides en milieu réel ne serait pas suffisante pour induire un effet d'inhibition sur l'activité biologique des sols à court terme.

Mots clés : Dégradation des pesticides - sols ferrallitiques - sols ferrugineux - sols bruns - zone cotonnière - Burkina Faso.

INTRODUCTION GENERALE

L'agriculture constitue un secteur important de l'économie et de la société burkinabé. En effet, elle assure des emplois et des revenus à près de 90 % de la population active et procure plus de 50% des recettes d'exportation. Les cultures de rente (coton, arachide, niébé, fonio, canne à sucre) et les cultures maraîchères (oignons, tomates, haricot vert) constituent les principales sources de revenus pour la population. Toutefois, une importance particulière est accordée au coton encore appelé « or blanc » car il mobilise près de 40% des recettes d'exportation (PNUD, 1998). Cette culture est pratiquée sur une superficie d'environ 70 000 km² correspondant au quart du territoire national (LENDRES, 1992), particulièrement dans les régions Centre, Sud, Sud-ouest, Sud-est du pays ; cette superficie est en pleine extension et atteint 2/3 du territoire national (SCHWARTZ, 1996).

Le développement de la culture du coton s'est fait conjointement avec l'introduction d'innovations au nombre desquelles il y a l'utilisation d'engrais chimiques, de semences améliorées, et surtout de pesticides. Selon le BUREAU DES PESTICIDES (1998), 2533 tonnes de pesticides ont été utilisées dans l'agriculture au Burkina Faso en 1997, et ce, essentiellement pour la culture du coton et de la canne à sucre.

Les pesticides en protégeant les cultures ont permis d'améliorer les rendements agricoles, mais leur utilisation suscite également de nombreuses inquiétudes liées notamment à leur toxicité et à leur impact négatif sur l'homme et l'environnement. L'impact des pesticides s'exerce à trois niveaux :

- sur les utilisateurs en milieu agricole et les travailleurs de l'industrie phytosanitaire. En effet dans les pays développés, la corrélation entre l'utilisation des pesticides par la population agricole et l'augmentation de certaines maladies notamment les cancers et neuropathies a été établie par plusieurs auteurs dont DEOUX. Au Burkina Faso, 14 cas d'intoxication ont été recensés dans la province du Mouhoun (TOE et al ; 2000).

- sur le consommateur notamment, la présence des résidus toxiques de pesticides dans les produits (FOURNIER et BONDEREF, 1983). De fortes concentrations de Cyperméthrine (1-100 mg/kg) et de Deltaméthrine (12-146 mg/kg) ont été détectées dans des échantillons d'aliments (NEBIE et al, 2002) ;

-pollution et toxicologie de l'Environnement (RAMADE, 1989 et RAMADE, 1992).

Des études réalisées dans la boucle du Mouhoun (Burkina Faso) ont montré que les eaux et les sols étaient contaminés par les pesticides utilisés dans les champs de coton (BONZY *et al.*, 2004 et ILLA, 2004).

Afin de limiter les effets des pesticides sur les organismes non cibles, l'environnement, la santé humaine et animale, la communauté scientifique internationale a fixé des normes ainsi que les conditions de formulation, de distribution et de l'utilisation de ces produits (SANOU, 1998). Aussi des conventions ont-elles été signées par plusieurs pays dont le Burkina Faso. Il s'agit de la convention de Rotterdam sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides signée en 1998 par 61 Etats et celle de Stockholm ou convention sur les polluants organiques persistants (POPS) signée en 2001 par 92 Etats.

Dans la sous région une réglementation commune aux Etats membres du CILSS a été adoptée en 1992 (CILSS, 1992). Au niveau national, le Burkina Faso a instauré un ensemble de lois et de réglementations pour empêcher l'introduction des produits chimiques non adaptés ou nocifs pour l'Homme et l'environnement.

Malgré toutes ces mesures, de milliers de stocks obsolètes de pesticides en particulier les organochlorés se retrouvent dans les pays africains constituant une menace pour l'environnement. Les produits stockés proviennent souvent des dons de pays développés mais aussi des importations frauduleuses. En effet, plus de 7000 tonnes de pesticides obsolètes ont été identifiés dans 35 pays d'Afrique et près de 300 000 litres de Dieldrine étaient entreposés dans 6 pays du Sahel dont le Burkina Faso (PAN / CTA, 1993).

Par ailleurs, les bonnes pratiques agricoles en matière d'utilisation des pesticides ne sont pratiquement jamais respectées (TOE *et al.* 2004.). En effet, les doses et la fréquence de l'emploi des pesticides ne sont pas toujours maîtrisées par les producteurs dont la plupart n'est guère alphabétisée. Ainsi le surdosage et l'utilisation répétée de certains pesticides persistants sont enregistrés. Ce qui peut entraîner la formation des zones d'accumulation au niveau du sol (BLAIR *et al.* 1990 ; ALBANIS *et al.*, 1998). Les pesticides peuvent même s'infiltrer dans le sol et contaminer les nappes phréatiques.

Heureusement, le sol et certains facteurs abiotiques peuvent contribuer à dégrader ces polluants organiques. En effet, le sol de par ses propriétés physiques, chimiques et biologiques constitue un compartiment capable de réaliser la dégradation des pesticides car

les matières organiques (principalement les substances humiques) et inorganiques (argiles) interviennent dans les processus de transfert et de dégradation des pesticides. Mais ces mécanismes de dégradation sont complexes et dépendent d'autres facteurs physico- chimiques et biologiques du milieu.

La température, l'humidité, la lumière et la nature du pesticide sont autant de facteurs qui influencent la dégradation des pesticides (PAN/CTA, 1993, CALVET et al 1993).

Au Burkina Faso, les études effectuées sur l'impact environnemental des pesticides se sont surtout intéressées à la contamination des eaux (TAPSOBA, 2003 ; BONZY et al, 2004 et ILLA, 2004) et des sols (ILLA, 2004) par les pesticides. Quelques études ont été réalisées concernant la dégradation des pesticides (KAMBOU 1993 ; TOE, 1994 ; SAVADOGO 1996 et 2001 et SAVADOGO et al, 1999).

La présente étude aborde les aptitudes des sols à la biodégradation des pesticides couramment utilisés en agriculture au Burkina Faso à travers le thème : « **Contribution à l'étude de la dégradation des pesticides dans les sols au Burkina Faso** ». L'objectif global de l'étude est d'évaluer d'une part, les effets des températures et des apports organiques sur la dégradation des pesticides dans les sols et d'autre part, les effets des pesticides sur l'activité biologique des sols.

Le présent mémoire s'articule autour de quatre chapitres : le premier est consacré aux généralités sur les pesticides ; le second chapitre présente les sites d'étude ; le troisième chapitre précise la méthodologie de l'étude et enfin le dernier chapitre expose les résultats et les discussions.

CHAPITRE 1 : GENERALITES SUR LES PESTICIDES

I -Définition

D'après l'AFNOR (1985) le pesticide désigne une substance ou une préparation permettant de lutter contre les ennemis de culture et des récoltes.

Par ailleurs, le code international de conduite pour la distribution et l'utilisation des pesticides (FAO, 1996) définit les pesticides comme « toute substance ou association de substances » qui est destinée à repousser, maîtriser ou contrôler :

- les organismes nuisibles y compris les vecteurs de maladies humaines ou animales ;
- les espèces indésirables de plante ou d'animaux causant des dommages ou se montrant autrement nuisibles durant la production, la transformation, le transport, ou la commercialisation des denrées alimentaires , des produits agricoles, du bois, ou des produits ligneux, ou des aliments pour animaux .

C'est aussi les substances utilisées comme régulateurs de croissance des plantes, défoliants, agents de dessiccation, agents d'éclaircissage des fruits ou pour empêcher la chute prématurée des fruits.

II- Classification des pesticides

Les pesticides sont habituellement regroupés au regard :

- des cibles visées (insecticides, herbicides, nématicides, acaricides),
- du type de formulation (solide, liquide, gaz),
- de la nature chimique (inorganiques et organiques),
- de l'origine ou de la provenance (naturels ou synthétisés).

Ce sont les pesticides organiques de synthèse qui incluent un grand nombre de pesticides dont les plus connus sont ci-après.

2-1-Organochlorés (OC)

Ils ont joué un rôle important dans la protection chimique des cultures. Le plus connu est le DDT qui a été synthétisé en 1874 par O. Zeidler et P. Muller a découvert ses propriétés biocides en 1939, ce qui lui a valu le prix Nobel en 1948 (FOURNIER, 1988).

Les organochlorés sont des molécules qui présentent des liaisons C-Cl, des atomes d'hydrogène, et quelquefois des atomes d'oxygène.

Aujourd'hui, presque tous les organochlorés à l'exception de l'Endosulfan sont officiellement et légalement interdits d'utilisation (PAN/CTA, 1993) en raison de leurs effets sur l'environnement et font partie des polluants organiques persistants (POPs) dont la liste est présentée en annexe 1.

D'autres organochlorés importants sont : l'Endosulfan, le gamma HCH qui a un grand effet insecticide. Leurs structures chimiques est présentée dans le tableau 1.

2-2-Organophosphorés (OP)

Ce groupe de pesticide a une activité insecticide qui inhibe l'acétylcholinestérase (El DIN AWAD, 1984 in FOURNIER, 1988) et représente plus de 30% de tous les insecticides de synthèse utilisés dans le monde. Les organophosphorés dérivent de l'acide phosphorique et certains sont très toxiques mais ne sont pas persistants dans l'environnement.

Les produits les plus connus sont : le Méthidathion, le Profénofos et le Triazophos (tableau 1).

2-3-Carbamates

Ils sont dérivés de l'acide carbamique et agissent sur la transmission de l'influx nerveux comme les organophosphorés. Ils possèdent un rayon d'action plus étendu que ces derniers. Certains parmi eux sont à la fois insecticides, nématicides et fongicides. Les plus connus des carbamates sont l'Aldicarb, le Carbaryl (tableau 1).

2-4-Pyréthroïdes

Ils ont été développés comme la version synthétique de la pyréthrine, pesticide naturel mais différent de celui-ci par leur nature plus stable à la biodégradation et à la dégradation chimique et sont surtout efficaces contre un large spectre d'insectes à des doses très faibles. Ils remplacent depuis peu les organochlorés trop toxiques (BOSERET, 2000).

Les exemples de Pyréthroïdes couramment utilisés en agriculture pour contrôler les populations d'insectes nuisibles sont la Cyperméthrine et la Permethrine.

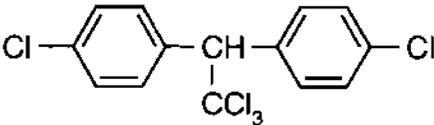
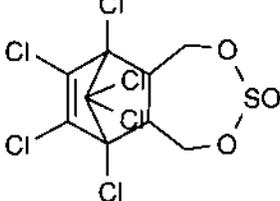
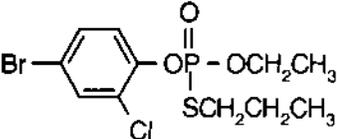
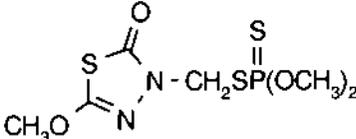
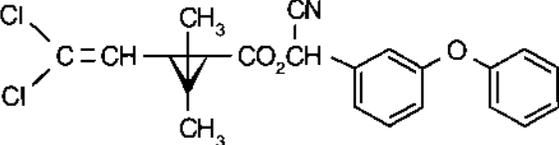
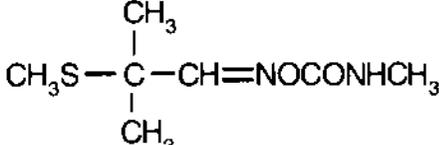
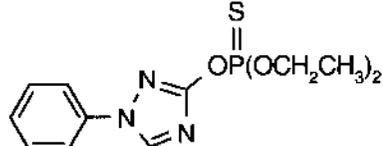
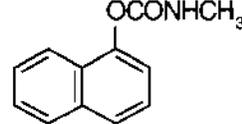
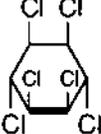
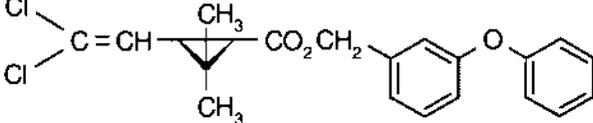
2-5-Autres pesticides

Ils comprennent :

- Les synergistes qui sont des composés chimiques dépourvus de propriétés insecticides mais dont l'association avec les insecticides augmentent l'efficacité de ces derniers. Ils sont souvent ajoutés aux insecticides selon le rapport insecticide/ synergistes de 8 /1 ou de 10 /1 ;
- les antibiotiques qui sont surtout des produits de fermentation de certains microbes ;
- les chimiostérilisants ou composés chimiques utilisés pour stériliser les insectes nuisibles et entraîner ainsi à long terme la réduction de leurs populations ;
- les répélants des insectes constitués de fumée et autres gaz répulsifs.

Le tableau 1 présente les structures chimiques de quelques molécules actives précédemment citées.

Tableau 1: structures chimiques de quelques matières actives

<p>DDT</p> 	<p>Endosulfan</p> 
<p>Profénofos</p> 	<p>Métidathion</p> 
<p>Cyperméthrine</p> 	<p>Aldicarbe</p> 
<p>triazophos</p> 	<p>Carbaryl</p> 
<p>Gamma HCH</p> 	<p>Permethrine</p> 

II- Toxicité des pesticides

La toxicité d'un pesticide constitue un facteur important pour évaluer le risque sanitaire lors de son emploi. Elle est influencée par des facteurs divers (la température, l'air et la lumière) susceptibles de modifier les propriétés du produit (PAN/CTA, 1993). Toutefois il sied de dire que la toxicité des pesticides est variable et d'après l'O.M.S, les pesticides peuvent être peu dangereux à extrêmement dangereux selon leur degré de toxicité (annexe 2).

Mais d'une façon générale on distingue deux types de toxicité :

-La toxicité aiguë

La toxicité aiguë d'une matière active est caractérisée par la DL₅₀ ou la dose létale 50. Elle désigne la quantité exprimée en mg de matière active par kg de poids vif nécessaire pour tuer 50% d'une population d'animaux. (PAN/CTA, 1993). La DL₅₀ d'une formulation peut être déterminée à partir de celle d'une matière active par la formule suivante :

$$\text{DL}_{50} \text{ de la formulation} = \frac{\text{DL}_{50} \text{ de la matière active} \times 100}{\text{Pourcentage de la matière dans la formulation}}$$

-La toxicité chronique

Son évaluation est plus difficile que la précédente. Elle intervient après une exposition prolongée à des doses faibles et répétées (PAN/CTA, 1993). La persistance du produit dans l'environnement et les êtres vivants, et l'affinité pour les tissus biologiques en particulier la solubilité dans les lipides sont les principaux facteurs qui sont à l'origine de la toxicité chronique.

III- Réglementations phytosanitaires

La législation et les réglementations sur les pesticides constituent l'ensemble des mesures prises au niveau d'un Etat, d'une région ou de toute la communauté internationale pour empêcher l'introduction de molécules chimiques non adaptées pour les hommes et l'environnement.

3-1-Réglementations internationales

Pour réduire les dangers liés aux pesticides, des instruments juridiquement contraignants et volontaires ont été mis en place au niveau international.

3-1-1-Convention de Rotterdam ou convention PIC

Elle a été signée en 1998 par soixante et un (61) Etats dont le Burkina Faso et porte sur la procédure de consentement préalable en connaissance de cause applicable à certains produits chimiques et pesticides dangereux qui font l'objet d'un commerce international. La convention PIC a pour objectif d'assurer qu'un produit chimique ne peut être exporté sans le consentement préalable, donné en connaissance de cause, du pays d'importation. Actuellement, trente et un (31) produits PIC dont vingt six (26) pesticides et cinq (5) produits chimiques industriels sont listés.

3-1-2-Convention de Stockholm ou convention sur les polluants organiques persistants « POPs »

Elle a été adoptée en mai 2001 par quatre vingt douze (92) Etats dont le Burkina Faso et envisage de réduire et/ou d'éliminer les émissions et rejets, et le cas échéant, la production et l'utilisation des polluants organiques persistants (POPs). Les POPs encore appelés la « salle douzaine » sont au nombre de douze (12) dont neuf (9) pesticides sont concernés (annexe1).

3-1-3-Code de conduite de la FAO

L'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) a adopté en novembre 1985 un code de conduite dans lequel elle propose des règles volontaires de conduite aux différents acteurs. Il contient des indications sur la conception des lois dans le domaine phytosanitaire. Le code de conduite de la FAO recommande également aux fabricants des produits chimiques, des mesures actives pour le suivi des produits chimiques jusqu'au consommateur (DPV, 1995).

3-2-Réglementations sous régionales

Au niveau sous régional, les pays membres du CILSS dans un esprit de coopération inter-Etats pour la gestion sécuritaire des pesticides ont adopté une réglementation commune sur l'homologation des pesticides en 1992 cité comme un exemple dans le monde. Les principaux objectifs sont :

-mettre en commun les expériences et l'expertise des Etats membres pour l'évaluation et l'homologation des pesticides ;

-assurer une utilisation rationnelle et judicieuse des pesticides pour la protection de la santé humaine et de l'environnement (CILSS, 1999).

Afin d'atteindre ces objectifs, un organe d'exécution de la réglementation commune a été créé et est opérationnel depuis 1994. Il s'agit du Comité Sahélien des Pesticides (CSP) dont les fonctions consistent à l'évaluation des dossiers d'homologation soumis par les firmes phytopharmaceutiques et des autorisations de vente. Dans chaque pays membre, un Comité de Gestion des Pesticides (C. G. N. P) est chargé des aspects post-homologation. L'homologation est un processus par lequel, les autorités compétentes approuvent la vente et l'utilisation d'un pesticide après examen de données scientifiques complètes montrant que le produit est efficace pour les usages prévus et ne présente pas de risque excessifs pour la santé humaine et animale ou pour l'environnement (article 2 de la réglementation commune aux Etats membres du CILSS sur l'homologation des pesticides).

3-3-Réglementations au Burkina Faso

3-3-1-Historique

Le Burkina Faso utilise des quantités importantes de pesticides depuis les années 1960-1970. Ces pesticides sont surtout employés contre les ravageurs et les ennemis du cotonnier, de la canne à sucre, du riz et des cultures maraîchères. Ils sont aussi utilisés pour la conservation des semences et des récoltes. Durant cette période, cette pratique n'était pas réglementée.

C'est à partir des années 1983, que Kambou Georges et al, LY Van Khoan, cité par SANOU (1998), publient les premiers textes réglementaires ; respectivement « Utilisation des produits pharmaceutiques » et « Proposition pour une législation phytosanitaire en Haute Volta »

D'autres textes législatifs et réglementaires ont été élaborés en 1986 mais n'ont pas connus d'application. Il s'agit principalement de :

- Kiti N° AN IV181/CNR/AGRI du 05/12/1986 portant création d'une Commission D'Etude des spécialités Agropharmaceutiques et d'un comité d'homologation.
- Zatu N° IV 014/CNR/AGRI 05/12/1986 portant organisation du contrôle des spécialités Agropharmaceutiques et spécialités assimilées.
- Kiti N° AN IV 182CNR/AGRI portant procédure d'homologation des spécialités Agropharmaceutiques et Spécialités assimilés (Sanou, 1998).

3-3-2-Reglementations sur les pesticides

Progressivement un ensemble de lois, de décrets et d'arrêtés a été adopté :

- En janvier 1993, l'arrêté n° 93-005/MICM/MFPL fixe les caractéristiques des insecticides aérosols (pression de rupture des emballages supérieurs à 12 Barr, matière active autorisée au Burkina Faso).
- En octobre 1996, l'arrêté n°96-064/MCIA/MDEF/CFDE portant fixation de la liste des produits soumis au CNC précise que les pesticides, les insecticides, et dérivés sont soumis à l'obtention d'un C.N.C.
- La loi n° 041/96/ADP de novembre 1996, la loi n°005/97/ADP portant code de l'Environnement au Burkina Faso : section 5 des mesures sur les pesticides et les matières fertilisantes de janvier 1997 et la loi n°006-98/AN de mars 1998 portant modification de la loi n° 041//96/ADP fixent les conditions de fabrication, d'importation, d'exportation, de vente, de détention et de distribution des pesticides.
- En décembre 1998, l'arrêté n° 98-015/MEE/MTT/MA/MEE, porte création, attribution et fonctionnement de poste de contrôle forestier dans les aéroports de Ouagadougou et Bobo Dioulasso.

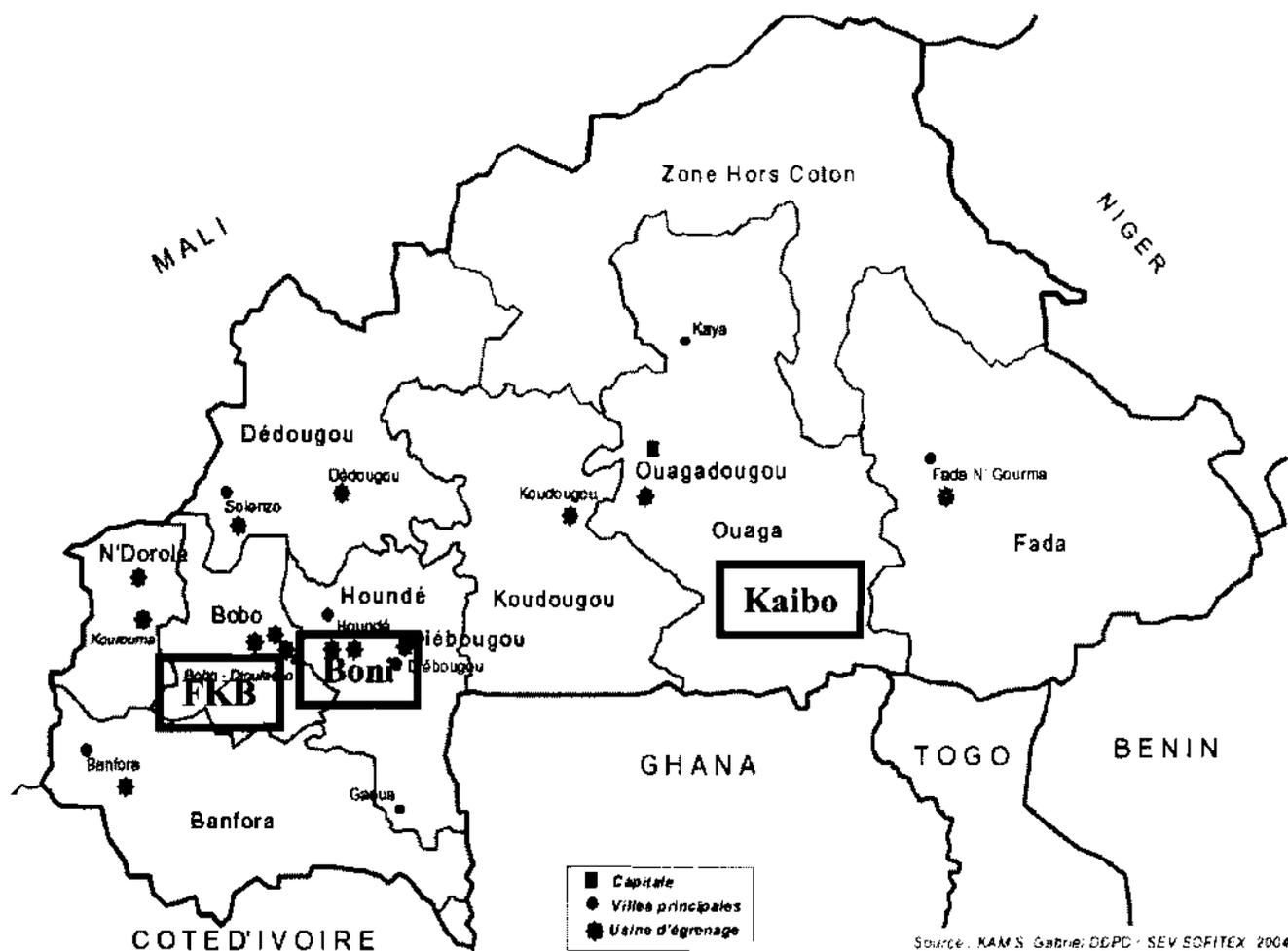
Les entrées et les sorties des pesticides sont désormais contrôlées au niveau des aéroports des deux villes principales.

- En mai 2000, un nouvel arrêté n°00-026/MCIA/MEF rallonge la liste des produits soumis au CNC, il abroge ainsi l'arrêté n°96-064/MCIA/ MDEF6CFDE d'octobre 1996.
- En mai 2001, le décret n° 2001-185/PRES/PM/MEE fixe les normes de rejet de polluant dans l'air, l'eau et le sol. Des normes de qualité du sol sont fixées (pour les métalloïdes, les métaux, les hydrocarbures aromatiques et chlorés), certaines substances dont les composés organohalogénés, et organophosphorés sont interdits de rejet direct.
- En mars 2002, l'arrêté n° 2002-025/MCPEA/SG/DGPSP/DGC donne le bilan des agréments accordés pour l'importation, et la vente des pesticides. On dénombrait seize (16) personnes physiques et morales mais actuellement selon la Direction Générale de Protection des Végétaux (2004), 28 personnes physiques et morales en sont bénéficiaires

CHAPITRE 2 : PRESENTATION DES MILIEUX D'ETUDE

I- Situation géographique

L'étude a été réalisée sur trois sites repartis sur la zone cotonnière au Burkina Faso (carte 1)



Carte 1 : Localisation des sites d'étude

- Le site de Farako-Bâ est situé dans la province du Houet à 11 kilomètres au Sud -Ouest de Bobo-Dioulasso ;
- Le site de Kaibo est au Centre sud du pays dans la province du Zoundwéogo, au Nord Est de Manga (chef lieu du département de Bindé.) et
- Le site de Boni est localisé dans la province de Tuy à une dizaine de kilomètres au Nord Est de Houndé.

Les coordonnées géographiques des sites sont résumées dans le tableau 2

Tableau 2 : Localisation des zones d'étude

Coordonnées géographiques	Farako Bâ	Boni	Kaibo
Latitude :	11°06 N	11°35 N	11°49 N
Longitude :	4°20 W	3°26 W	5°56 W
Altitude :	441m	354m	274 m

II- Climat

Selon le découpage phytogéographique du Burkina Faso fait par GUINKO (1984), le site de Farako-Bâ est situé dans la zone sud- soudanienne alors que les sites de Boni et Kaibo sont localisés dans la zone nord- soudanienne.

2-1-Pluviométrie

D'une façon générale, la pluviométrie est caractérisée par une forte variabilité intra et interannuelle en terme de fréquence et de volume.

Les pluies commencent dès le mois d'avril dans la zone de Farako-Bâ et s'installent au mois de mai dans les zones de Kaibo et de Boni. Elles s'arrêtent généralement en octobre-novembre. Les caractéristiques du climat et les moyennes pluviométriques recueillies sur la période de 1993 à 2003 sont regroupées dans le tableau 3 et la figure 1.

Tableau 3: caractéristiques du climat de la période de 1993 à 2003

	Farako Bâ	Boni	Kaibo
Type de climat	Sud soudanien	Nord soudanien	Nord soudanien
Pluviométrie moyenne (annuelle en mm)	997,34	890,73	840,55
Période sèche	mi-novembre à- mi mars	novembre à mars	novembre à mi-avril
Période humide	avril - octobre	avril - octobre	Mai à octobre

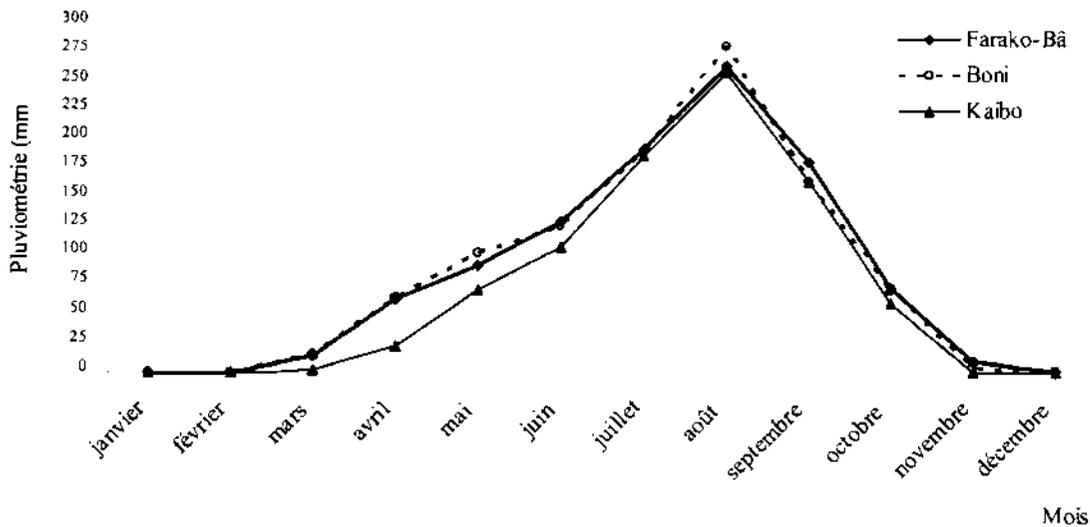


Figure 1 : Pluviométrie moyenne mensuelle des sites d'étude de la période de 1993 à 2003

2-2-Températures

Les variations des températures moyennes avec les maxima et les minima sont présentés par la figure 2. On peut distinguer deux périodes chaudes et deux autres périodes fraîches.

- Les périodes chaudes

La première se situe en mars-avril, où les températures maximales moyennes peuvent atteindre 38,38 °C dans la zone de Farako-Bâ, 37,34 °C dans la zone de Boni et 38, 58 °C dans la zone de Kaïbo. Les températures minimales moyennes sont dans ce même ordre de 20,87°C, 24, 42°C et 24,75 °C.

La seconde période chaude intervient après la saison des pluies en novembre avec des températures relativement faibles comparativement à la première période chaude. En effet, les températures maximales moyennes atteignent 34,97°C, 34,68°C et 36,05°C respectivement dans la zone de Farako-Bâ, Boni et de Kaïbo et les minima varient dans ce même ordre de 15,09°C, 21,22°C et 20, 96°C.

- Les périodes fraîches

La première se situe entre décembre et février avec des températures maximales moyennes variant entre 33°C et 36°C et des minimales moyennes de l'ordre de 12 ° C à 21°C.

La seconde période fraîche intervient pendant la saison pluvieuse entre juin et août. Les températures moyennes maximales varient entre 29°C et 33°C, les minima vont de 20°C à 22°C. Les variations thermiques pendant ces différentes périodes de l'année sont présentées par la figure 2.

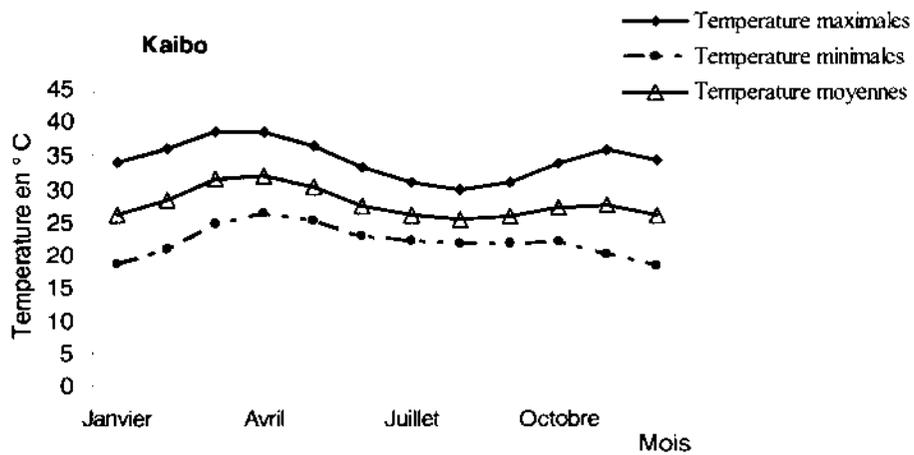
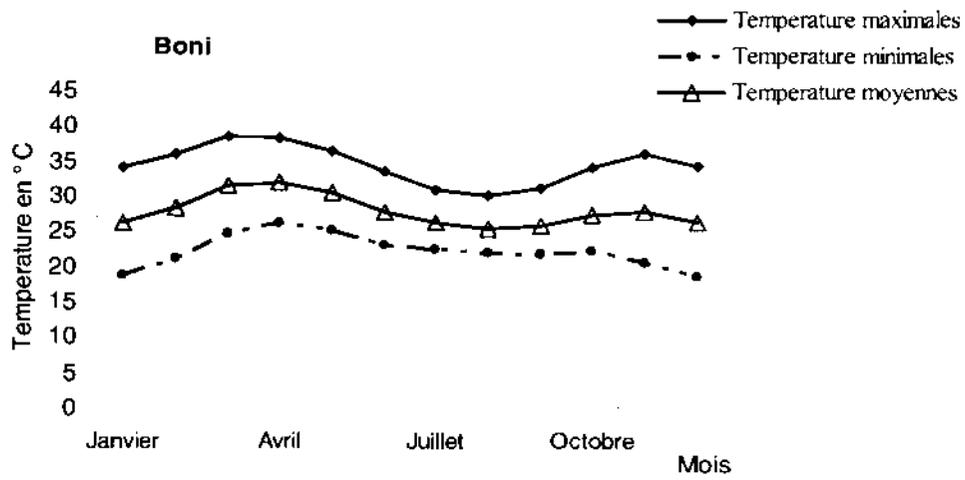
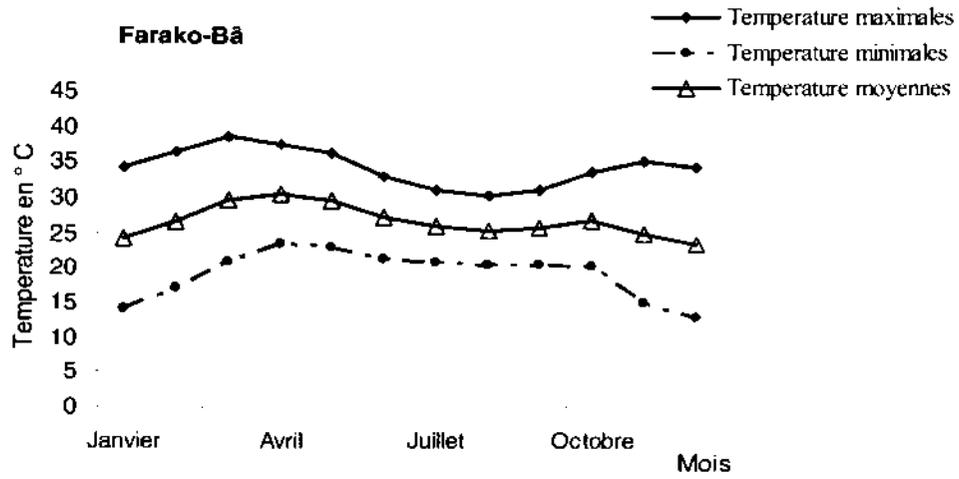


Figure 2 : Caractéristiques thermiques des sites d'étude de 1993 à 2003

2-3- Vents

Deux vents dominant :

- l'harmattan, un vent desséchant, chaud pendant la journée et frais la nuit, souffle généralement pendant la première période fraîche de l'année (décembre - février) et
- la mousson, un vent chargé d'humidité souffle pendant la saison pluvieuse.

La vitesse moyenne mensuelle des vents pendant la période 1993-2003 dans les zones d'étude (Farako-Bâ, Boni et Kaibo) est présentée par la figure 3.

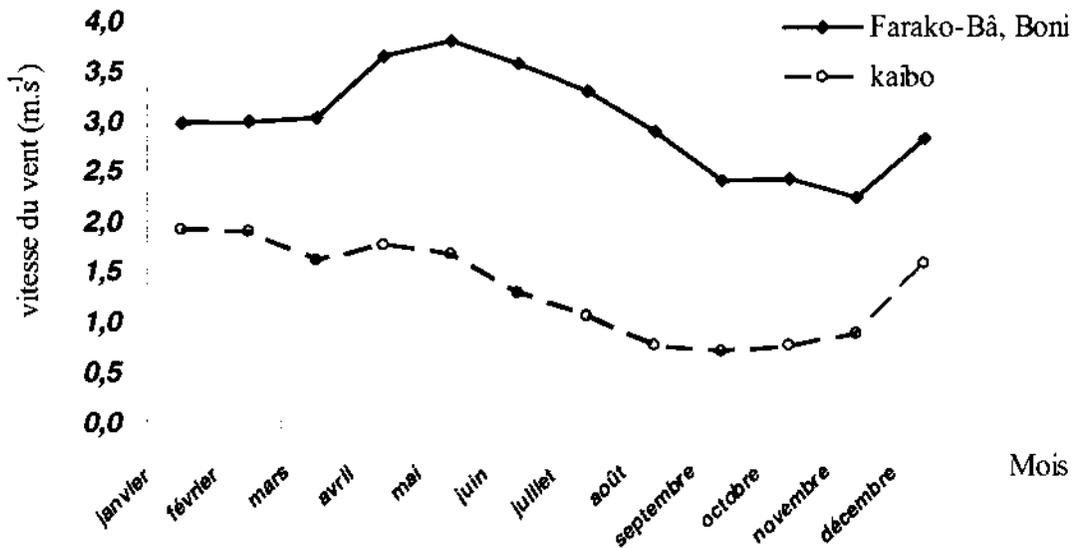


Figure 3 : Vitesse moyenne mensuelle du vent à 10 mètres du sol de 1993 à 2003

2-4-Insolation

La moyenne annuelle de la durée d'insolation varie de 7, 56 heures dans la zone de Farako-Bâ et Boni à 8 heures dans la zone de Kaibo.

D'une façon générale, le mois d'août est le moins ensoleillé avec des durées d'insolation de l'ordre de 5, 59 heures dans les zones de Farako-Bâ et 5,74 heures à Kaibo.

III -Végétation

Les formations végétales rencontrées dans les zones des sites d'étude selon GUILLOBEZ (1985) sont présentées dans le tableau 4.

Tableau 4 : Répartition de la végétation

Zones		Espèces principales	Espèces secondaires
Farako- Bâ	Savane arborée Forêt claire	<i>Butyrospermum paradoxum</i> <i>Parkia biglobosa</i> <i>Isobertinia doka</i>	<i>Detarium microcarpum</i>
Boni, Kaibo	Savane arborée	<i>Butyrospermum paradoxum</i> <i>Parkia biglobosa</i>	<i>Detarium microcarpum</i> <i>Anogeisus leicarpus</i>

Source : GUILLOBEZ (1985)

IV- Sols

A Farako-Bâ, les sols faiblement ferrallitiques sont les plus représentés (JENNY, 1969). Ces types de sols sont rencontrés généralement dans la partie sud-ouest du pays et sont caractérisés par un matériau contenant du quartz, de l'argile kaolinique et du fer.

A Boni, on rencontre des sols bruns eutrophes sur matériau argileux et des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et lessivés sur matériau sableux, sablo argileux et argilo sableux.

A Kaibo, on rencontre des vertisols sur alluvions ou matériaux argileux, souvent associés aux sols brun eutrophes. Ils sont caractérisés par des teneurs en argile élevée, une prédominance des argiles gonflantes de type montmorillonite.

CHAPITRE 3 : MATERIELS ET METHODES

I- Matériels d'étude

1-1-Support de l'étude

Notre travail a eu pour support le dispositif expérimental à trois niveaux de protection phytosanitaire du Programme coton de l'INERA. Ce dispositif a été installé dans les principales zones cotonnières du Burkina Faso. Cela dans le but d'évaluer l'efficacité de la protection vulgarisée en milieu paysan par rapport à la protection poussée et d'appréhender le niveau d'infestation des ravageurs du cotonnier dans chaque zone. Il s'agit d'un dispositif en bloc simple de trois traitements insecticides en deux répétitions (figure 4). Il est constitué d'une bande de 120 billons de 20 m de longueur espacée de 80 cm soit une superficie totale de 1920 mètres carrés.

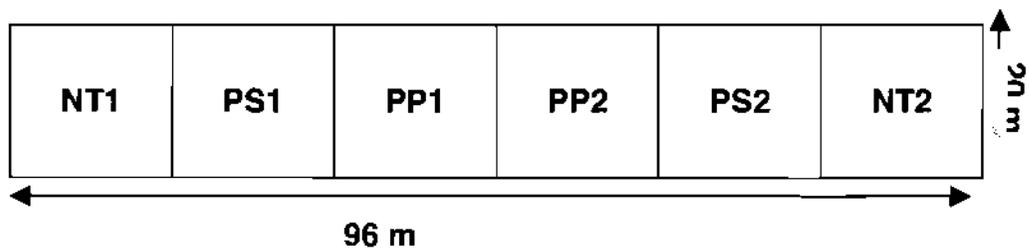


Figure 4 : Schéma d'implantation du dispositif expérimental en milieu réel

Les trois traitements insecticides appliqués sont :

- Témoin : parcelle non traitée (NT)
- Protection standard vulgarisée (PS) : les traitements insecticides ont lieu toutes les deux semaines à partir du 15^{ème} jour après la levée des plants de cotonnier.
- Protection poussée (PP) : à ce niveau, les traitements insecticides sont effectués toutes les semaines à partir du 15^{ème} jour après la levée des plants de cotonnier. Le programme de traitement insecticide des parcelles des sites d'étude est présenté en annexe 3.

1-2-Sols

L'étude a porté sur trois types de sols qui ont été décrits selon les directives FAO (1977). La description détaillée des profils réalisés est donnée en annexe 4.

1-2-1-Description synthétique des sols des sites d'étude

Les principales caractéristiques des sols décrites à partir des profils pédologiques réalisés peuvent se résumer comme suit :

- Les sols de Farako-Bâ présentent un profil brun rougeâtre (Photo 1 en annexe 5) bien drainé et la structure est faiblement développée. Le profil dans son ensemble est poreux car l'horizon gravillonnaire présente au moins 25% de porosité et la carapace n'est pas complètement étanche.
- A Boni, les sols ont des caractéristiques voisines des sols ferrugineux tropicaux lessivés à tâches et à concrétion. Ils sont caractérisés par une couleur dominante jaune brunâtre (photo 2 en annexe 5) et la charge graveleuse est importante. L'activité biologique est développée sur les couches superficielles.
- Le type de sol de Kaibo présente un profil brun foncé (photo 3 et 4 en annexe 5) profond et mal drainé en surface ; les couches argileuses en profondeur constituent des obstacles à l'infiltration de l'eau.

1-2-2-Caractéristiques physico-chimiques des sols d'étude

Les résultats des analyses physico-chimiques sont présentés dans le tableau 5.

Sur le plan textural, les sols de Farako Bâ présentent un pourcentage de sables plus important alors que les sols de Kaibo se distinguent par un taux d'argile et de limon élevé. Les appréciations des textures sur le terrain et au laboratoire montrent que les sols de Farako Bâ ont une texture sablo limoneuse, ceux de Boni sont sablo limono argileuse alors que les sols de Kaibo ont une texture plus fine, argilo limoneuse.

D'après les normes BUNASOLS (1990), les résultats sur les caractéristiques chimiques montrent que :

- les sols de Farako-Bâ sont pauvres en matière organique, azote et phosphore dont les teneurs respectives sont 0,9%, 0,04% et 123 ppm et pauvres. Ils se caractérisent par ailleurs par un faible pouvoir absorbant (1,14 meq/ 100g) et donc une pauvreté relative en éléments chimiques (potassium, magnésium et calcium) et une forte acidité (5,09).
- les sols de Boni ont des teneurs faibles en carbone, azote, phosphore mais sont plus riches que les sols ferrallitiques. La teneur en matière organique reste faible (1,8%). et la disponibilité des bases échangeables est plus élevée que celle de Farako Bâ, leur pH est moyennement acide (5,55).

- les sols de Kaibo ont des teneurs en carbone, azote et phosphore qui représentent respectivement 1,02 % 0,07% et 148 ppm. Ces sols sont caractérisés par un potentiel chimique élevé (10,92meq/100g) et une acidité faible (6,13).

Tableau 5 : Caractéristiques physico chimiques de la couche 0-20 cm des sols hors culture des sites de Farako-Bâ, Boni et Kaibo

Sites	Farako Bâ	Boni	Kaibo
Caractéristiques			
Granulométrie (%)			
Argile (%)	13,80	19,80	26,10
limon fin (%)	8,25	17,25	20,50
limon grossier (%)....	26	20,55	27,10
sable fin (%)	47,90	14,60	18,50
sable grossier (%)	3,75	27,70	7,70
Carbone total (%)	0,52	1,13	1,02
Matière organique (%) ...	0,9	1,9	1,8
Azote total (%)...	0,04	0,07	0,07
Phosphore total (mg/kg)..	123	179	148
Complexe absorbant meq/100g			
Ca ++.....	0,630	1,84	6,23
Mg ++.....	0,393	0,81	4,50
Na +.....	0,105	0,11	0,17
K +.....	0,012	0,01	0,02
Somme (S).....	1,14	2,77	10,92
pH eau	5,09	5,55	6,13
pH KCl	4,50	4,24	5,26

1-3-Les molécules testées

Trois molécules actives de deux pesticides ont été utilisées pour les traitements des parcelles en milieu réel. Il s'agit du calfos (Profénofos) et du sherphos (Triazophos et Cyperméthrine). Le Profénofos et l'Endosulfan ont été utilisés dans l'étude conduite en milieu contrôlé. Les structures chimiques de ces molécules ont été données dans le tableau 1 (chapitre 1) et les principales caractéristiques sont présentées en annexe 6 a.

1-3-1-Profénofos

De formule chimique $C_{11}H_{15}BrClO_3PS$, cet organophosphoré est généralement utilisé pour le contrôle des insectes (lépidoptères) et des acariens dans les cultures de coton, de la betterave et dans la culture maraîchère. Il agit essentiellement par contact et par ingestion sur les ravageurs.

1-3-2-Triazophos

La formule générale du triazophos est $C_{12}H_{16}N_3O_3PS$. C'est une molécule active qui est à la fois un insecticide inhibiteur de la cholinestérase et un acaricide de contact et fait partie du groupe des organophosphorés. Il est utilisé comme insecticide, acaricide et nématicide dans la culture du cotonnier.

1-3-3-Cyperméthrine

C'est un pyréthrianoïde de synthèse qui est beaucoup utilisé dans la culture cotonnière contre les lépidoptères, les coléoptères et les diptères. Sa formule générale est $C_{22}H_{19}Cl_2NO_3$, et agit par contact sur ses organismes cibles.

1-3-4-Endosulfan

L'Endosulfan est un insecticide organochloré composé de deux isomères : alpha- Endosulfan et bêta- Endosulfan (dans un ratio approximativement de 70 : 30). L'Endosulfan est surtout utilisé contre les populations de *Helicoverpa armigera*. Au Burkina Faso cette matière active est surtout utilisée à 700 g/ha.

II- Méthodologie

2-1-Echantillonnage des sols

Les prélèvements des échantillons de sol pour l'étude de la biodégradation des pesticides en milieu réel ont été réalisés suivant un calendrier mensuel débuté en fin juillet au niveau des sites de Farako Bâ, Boni et en début septembre pour le site de Kaibo. Les échantillons de sols ont été prélevés dans les parcelles NT₁, PS₁, PP₁ au niveau des sites de Boni, Kaibo et dans les parcelles NT₂, PS₂, PP₂ sur le site de Farako- Bâ. Ce sont des échantillons composites qui ont été constitués à partir de 13

prélèvements élémentaires à la tarière effectués à une profondeur de 0-20 cm sur les diagonales et les médianes d'un carré de 10m de coté à l'intérieur des parcelles (Figure 5). Ils ont été par la suite séchés à température ambiante et à l'abri du soleil, puis conservés dans des sachets plastiques.

Les différentes études au laboratoire ont été réalisées avec des prélèvements de sol effectués à 0-20 cm sur des parcelles carrées d'un mètre de coté hors culture au niveau des trois sites d'étude.

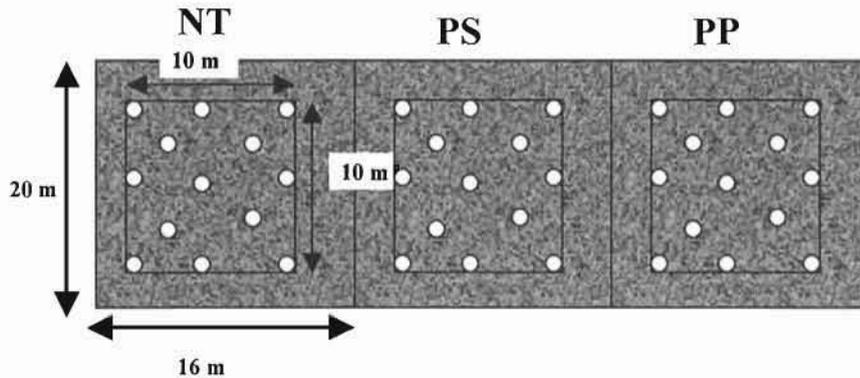


Figure 5 : Prélèvement des échantillons de sol

2-2-Etude en milieu réel : caractérisation des pesticides aux champs

Les pyréthriinoïdes et les organochlorés ont été caractérisés sur les échantillons de sols prélevés en juillet, août et octobre au niveau des sites de Farako Bâ, Boni et en juillet, octobre et novembre pour le site de Kaibo.

2-3-Etude en milieu contrôlé

Les études au laboratoire ont été effectuées pour apprécier :

- les effets des températures et des apports organiques sur le comportement de l'Endosulfan dans les sols ;
- l'activité biologique des sols en présence de deux pesticides (Endosulfan et Profénofos) en fonction des apports organiques et
- l'effet de l'activité biologique des sols sur le comportement de ces pesticides.

2-3-1-Evolution de l'Endosulfan dans les différents sols en fonction de la température

Une méthode d'incubation similaire à celle utilisée par des auteurs comme SEDOGO (1981), LOMPO (1993), BACYE et MOREAU (2000) a été utilisée.

Le sol (150g), tamisé à 2mm et humidifié au 4/9 de la capacité maximum de rétention avec un mélange (eau distillée + Endosulfan à 3 ppm) est mis à incuber pendant 21 jours dans des pots de 200 ml. Les pots sont recouverts de papier para film et placés dans des étuves réglées à 28°C, 33°C et 40°C. Le papier para film permet d'atténuer l'évaporation.

L'incubation a été réalisée en trois répétitions avec les traitements suivants :

témoin (sol non pollué) (NT)

sols + Endosulfan 3 ppm à 28 °C (T1)

sols + Endosulfan 3 ppm à 33°C (T2)

sols + Endosulfan 3 ppm à 40°C (T3)

Le dosage de l'Endosulfan a été effectué sur les échantillons de sols prélevés au 5^{ème}, 15^{ème} et 25^{ème} jours après incubation.

2-3-2-Evaluation des effets des apports organiques sur l'évolution de l'Endosulfan dans les sols

La méthode d'incubation utilisée est similaire à celle précédemment décrite au paragraphe 2-3-1. Des amendements organiques équivalents à la dose recommandée en milieu paysan soit 10 tonnes de fumier à l'hectare et l'équivalent de la dose double ont été apportés aux sols. Puis ils sont mis à incuber pendant 21 jours dans des pots de 200 ml placés à la température de 33°C. Cette incubation a été réalisée en trois répétitions avec les traitements suivants :

témoin (sol non pollué) (NT)

traitement sol + Endosulfan à la dose de 3 ppm (E)

traitement sol avec Endosulfan 3ppm + fumier 3mg/kg de sol sec (E+Q1)

traitement sol avec Endosulfan 3ppm +fumier 6mg/kg de sol sec(E+Q2)

Le dosage de l'Endosulfan a été effectué sur les échantillons de sols prélevés au 5^{ème}, 15^{ème} et 25^{ème} jours après incubation.

2-3-3-Etude des effets de l'Endosulfan et du Profénofos sur l'activité biologique de trois sols en fonction des apports organiques.

Les tests respirométriques ont été réalisés. Il s'agit d'une méthode d'incubation qui a été utilisée au cours des études antérieures (MOREL (1977), MOREL et *al* (1979), HIEN (1990), SEDOGO (1981 et 1993) et BILGO (2005).

Le sol (100g), tamisé à 2 mm et humidifié aux 2/3 de la capacité maximum de rétention est mis à incuber pendant deux semaines dans des bocaux hermétiques d'une capacité de 1 litre. Ces bocaux contiennent un flacon d'eau pour maintenir l'humidité constante et un second flacon contenant de la soude (NAOH N/10) pour piéger le gaz carbonique. Ils sont placés à température ambiante.

Le dispositif comprend six traitements en trois répétitions :

témoin absolu sans pesticide, ni apports organiques (NT) ;

témoin sol avec apports organiques 3mg/kg (Q1) ;

témoin sol avec apports organiques 6mg/kg (Q2) ;

traitement sol avec Endosulfan à la dose de 3 ppm (E) ou traitement sol avec Profénofos à la dose de 3 ppm (Pr.) ;

traitement sol avec (Endosulfan ou Profénofos) à la dose de 3ppm et apports organiques à la dose de 3mg/kg de sol sec (E+Q1 ou Pr. +Q1) ;

traitement sol avec Endosulfan ou Profénofos à la dose de 3 ppm et apports organiques à la dose double 6mg/kg de sol sec (E+Q2) ou (Pr. +Q2).

La quantité de CO₂ dégagée a été mesurée quotidiennement durant les sept premiers jours d'incubation, puis à intervalle de deux jours pendant la deuxième semaine d'incubation. En effet, le CO₂ dégagé au cours des tests respirométriques et recueilli dans le flacon contenant NAOH (N/10) est précipité sous forme de carbonate de sodium par le chlorure de baryum 3%. La soude (NAOH) en excès est neutralisée par l'acide chlorhydrique (HCl N/10) en présence de phénolphtaléine. La quantité de CO₂ dégagée par jour est exprimée en mg /100g de sol sec et donnée par la formule suivante :

$$Q \text{ (mg)} = (\text{moyenne blancs} - \text{moyenne traitement}) \times 0,6$$

D'autres paramètres ont été déterminés, il s'agit :

du taux de minéralisation globale (TMG) journalier et cumulé calculé par la formule suivante :

$$\text{TMG} = \frac{\text{C dégagé (sol +substrats)}}{\text{p.c}}$$

C-Total du Mélange

du taux de minéralisation complémentaire (TMC) journalier et cumulé calculé par la formule suivante :

$$\text{TMC} = \frac{\text{C dégagé (sol +substrats)} - \text{C dégagé (sol)}}{\text{C- Total du Mélange}} \text{ p.c}$$

III- Analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques et biologiques des sols ont été effectuées dans les laboratoires de Kamboinsé,, de Saria et de BUNASOLS.

Les extractions des pesticides dans les sols ont été effectuées au laboratoire de chimie de l'U.F.R Sciences Exactes et Appliquées (S E. A) à l'Université de Ouagadougou (U. O) puis caractérisés au laboratoire Central de l'Office National de l'Eau et de l'Assainissement (ONEA) et au Laboratoire National de Santé Public (LNSP).

3-1-Analyses granulométriques du sol

Elle a été déterminée par la méthode internationale de prélèvement à la pipette de Robinson. C'est une méthode basée sur le principe de sédimentation en application de la loi de STOKES. Une prise d'essai de 25g est au préalable traitée à l'eau oxygénée au bain-marie (destruction de la matière organique et à l'hexamétaphosphate de sodium (dispersion des agrégats par agitation mécanique pendant 3 heures). Après les prélèvements de particules fines (argiles et limons), les sables sont obtenus par tamisage à sec à l'aide d'une tamiseuse mécanique.

3-2-pH

Les pH (eau et KCl) du sol sont mesurés dans une suspension de sol dans l'eau, par la méthode électrométrique au pH mètre à l'électrode de verre. Le rapport sol/ solution est de 1 / 2,5.

La valeur du pH_{KCl} est déterminée après ajout de 3,79g de KCl dans le mélange précédent et agité pendant 30 minutes.

3-3-Carbone total et matière organique

Le dosage du carbone s'est fait par la méthode de Walkey-Black (1934). Elle consiste en une oxydation à froid du carbone du sol avec du bichromate de potassium (K₂CrO₇1N) en présence d'acide sulfurique (H₂SO₄) ; l'excès de bichromate est titré par le sel de mohr

($\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_6$) en présence de diphénylamine. Les résultats tiennent compte d'un facteur de correction de 4/5 du fait de la minéralisation incomplète du carbone.

Si on estime à 58 % le taux de carbone dans la matière organique, le taux de matière organique est déterminé en multipliant la teneur en carbone organique par le facteur 1,724 (rapport 100/58).

3-4-Azote total

L'azote total des sols a été minéralisé par la méthode Kjeldahl. Une attaque à chaud est faite sur une prise de terre par l'acide sulfurique concentré. Après avoir ajouté une pincée de catalyseur sélénium, on chauffe progressivement jusqu'à décoloration et l'azote total est dosé par colorimétrie automatique à l'auto analyseur Skalar.

3-5-Phosphore total

Le dosage du phosphore se fait à l'auto analyseur automatique après la même méthode d'extraction que l'azote total.

3-6-Bases échangeables

Les bases échangeables sont déplacées du complexe absorbant par une solution de thio-urée d'argent ($\text{AgH}_2\text{N-CS-NH}_2$) et dosées par spectrophotométrie d'absorption atomique.

3-7-Extraction des pesticides dans les sols.

La méthode d'extraction utilisée est inspirée de celle utilisée par ILLA (2004).

Une prise d'essai d'échantillon (4g) du mélange sol/pesticide est introduite dans un erlenmeyer de 125 ml, puis l'on joute 20 ml d'une solution mixte (hexane/isopropanol) dans le rapport 3/1. L'ensemble est vigoureusement agité pendant 45 minutes puis laisser pour décantation.

L'extrait obtenu est ensuite agité pendant 2 minutes dans une ampoule à décanter contenant au préalable de l'eau distillée et la phase organique du mélange est recueillie puis filtrée et séchée à l'aide du sulfate de sodium. Les extraits contenant les pesticides sont ensuite conservés dans des flacons pour analyse.

($\text{FeSO}_4(\text{NH}_4)_6$) en présence de diphénylamine. Les résultats tiennent compte d'un facteur de correction de 4/5 du fait de la minéralisation incomplète du carbone.

Si on estime à 58 % le taux de carbone dans la matière organique, le taux de matière organique est déterminé en multipliant la teneur en carbone organique par le facteur 1,724 (rapport 100/58).

3-4-Azote total

L'azote total des sols a été minéralisé par la méthode Kjeldahl. Une attaque à chaud est faite sur une prise de terre par l'acide sulfurique concentré. Après avoir ajouté une pincée de catalyseur sélénium, on chauffe progressivement jusqu'à décoloration et l'azote total est dosé par colorimétrie automatique à l'auto analyseur Skalar.

3-5-Phosphore total

Le dosage du phosphore se fait à l'auto analyseur automatique après la même méthode d'extraction que l'azote total.

3-6-les bases échangeables

Les bases échangeables sont déplacées du complexe absorbant par une solution de thio-urée d'argent ($\text{AgH}_2\text{N-CS-NH}_2$) et dosées par spectrophotométrie d'absorption atomique.

3-7-Extraction des pesticides dans les sols.

La méthode d'extraction utilisée est inspirée de celle utilisée par ILLA (2004).

Une prise d'essai d'échantillon (4g) du mélange sol/pesticide est introduite dans un erlenmeyer de 125 ml, puis l'on joute 20 ml d'une solution mixte (hexane/isopropanol) dans le rapport 3/1. L'ensemble est vigoureusement agité pendant 45 minutes puis laisser pour décantation.

L'extrait obtenu est ensuite agité pendant 2 minutes dans une ampoule à décanter contenant au préalable de l'eau distillée et la phase organique du mélange est recueillie puis filtrée et séchée à l'aide du sulfate de sodium. Les extraits contenant les pesticides sont ensuite conservés dans des flacons pour analyse.

3-8-Dosage des résidus pesticides

Le dosage des pesticides a été réalisé par un chromatographe en phase gazeuse HP 5890 A, muni d'une colonne HP-5 (25m*0,2 mm, 0,11 μ m) et doté d'un détecteur ECD, d'un passeur automatique, le tout piloté par un ordinateur avec un système pour le traitement des données (Chemstation). L'injection s'est faite directement sur la colonne avec une pression de 10 PSI à la tête de la colonne. Les chromatogrammes des échantillons sont comparés à ceux issus de l'analyse des étalons de référence. La limite de détection est de 0,02 μ /l pour l'Endosulfan à l'O. N. E. A.

IV-Analyses statistiques des données

Les données obtenues à partir des tests respirométriques ont été analysées avec le logiciel spss 11.5. Il s'agit d'une analyse par régression avec glm (general linear model) multivariate analysis. Une analyse de variance a été effectuée et les moyennes ont été comparées avec les tests de Student-Newman-Keuls. Les graphiques ont été construits à l'aide du logiciel Excel.

CHAPITRE 4 : RESULTATS –DISCUSSION

I-Etat de contamination des sols et dynamique des pesticides aux champs

1-1-Résultats

Les analyses de pesticides ont concerné les échantillons de sols prélevés sur tous les trois niveaux de traitements insecticides. Les pyréthriinoïdes et les organochlorés ont été caractérisés. Les résultats des analyses sont présentés dans le tableau 6.

Tableau 6: Résultats des analyses de pesticides (en mg/kg de sol) dans les sols

sites	période	organochlorés			pyréthriinoïdes de synthèse		
		alpha HCH/BCH	Endosulfan	2,4DDT	Dieldrine	Perméthrine	Cyperméthrine
Farako-Bâ	juillet	*	0,005	*	*	*	*
		*	0,006	*	*	*	*
		*	0,01	*	*	*	*
	août	*	0,005	*	*	*	*
		*	0,008	*	*	*	*
		*	0,01	*	*	*	*
	octobre	*	0,008	*	*	*	*
		*	0,008	*	*	*	*
		*	0,007	*	*	*	*
Boni	juillet	*	0,007	*	*	*	*
		*	0,006	*	*	*	*
		*	0,01	0	0,001	0,009	*
	août	*	0,378	*	0,033	*	*
		*	0,022	*	*	*	*
		*	0,012	*	*	*	*
	octobre	*	0,028	*	*	*	*
		*	0,005	*	*	*	*
		*	0,012	*	*	*	*
Kaibo	juillet	*	0,006	*	*	*	*
		*	0,009	*	*	0,01	*
		*	0,007	*	*	*	*
	octobre	*	0,01	*	*	*	*
		*	0,007	*	*	*	*
		*	0,013	*	*	*	*
	novembre	*	0,006	*	*	*	*
		*	0,017	*	*	*	*
		*	0,007	*	*	*	*

*la quantité de pesticides dans les échantillons de sols est inférieure à la limite de détection de l'appareil (0,02 µg)

D'après les résultats des analyses (tableau 6), les sols des sites d'étude sont contaminés par des organochlorés et des pyréthrinoïdes détectés à des teneurs relativement faibles. Il s'agit de l'Endosulfan (0,005 à 0,378 mg/ kg de sol) , de la Dieldrine (0,001 à 0,033 mg/ kg de sol) et de la Permethrine à une teneur comprise entre 0,009 à 0,010 mg/ kg de sol. Cependant, aucune trace de la cyperméthrine n'a été détectée.

1-2-Discussion

L'absence de la Cyperméthrine dans les différents sols analysés pourrait être expliquée par la nature de la matière active et d'autres phénomènes observés en milieu réel. En effet la Cyperméthrine fait partie de la famille des pyréthrinoïdes qui sont classés parmi les pesticides les moins persistants dans les sols (FOURNIER, 1988 et PAN/CTA, 1993). Cette molécule a pu être dégradée pendant la période de séchage des échantillons de sols au laboratoire. Cette période varie de 4 à 8 mois selon la date de prélèvement des échantillons de sols sur les différents sites (de juillet au mois de novembre 2004) et la période des extractions des pesticides dans les sols qui a été faite en mars 2005. Selon les données de la littérature ce temps serait suffisant pour la dégradation de la Cyperméthrine dans les différents sols (THE PESTICIDES MANUAL, 2000).

Par ailleurs, d'autres phénomènes non maîtrisés en milieu réel, tels la pluie, le vent et les ruissellements pourraient contribuer à la disparition de la Cyperméthrine au niveau des sites d'études.

Plusieurs hypothèses pourraient être avancées pour expliquer la détection des organochlorés dans l'ensemble des sols. En effet le programme de traitement ainsi que les pesticides utilisés pendant cette campagne agricole dans les dispositifs expérimentaux (annexe 3) n'incluent pas des applications d'organochlorés. Ces pesticides ont pu être apportés à partir d'autres zones voisines ou lointaines d'utilisation. En effet les pesticides peuvent être emportés sur les sites par les déplacements des animaux, les mouvements du vent, les matériels agricoles ou encore par les phénomènes de ruissellement des eaux.

Une autre hypothèse serait l'utilisation antérieure des pesticides sur ces sites mêmes. En effet dans la littérature, l'efficacité des organochlorés en particulier le DDT a maintes fois été démontré dans le passé (PAN/CTA, 1993) et ces produits étaient beaucoup utilisés dans l'agriculture. Au Burkina Faso, les études antérieures sur l'état des contaminations des sols et des eaux par les pesticides en zone cotonnière avaient révélé la présence d' Endosulfan dans

les sols de Dankui et de Siphohin dans l'ordre respectif de 0,005 mg/ kg de sol et 0,006 mg/kg de sol (ILLA, 2004).

Par ailleurs, on a aussi montré que les organochlorés étaient persistants dans les sols. En effet 39% du DDT (organochloré) peut être retrouvé dans le sol après 15 années (NASH et WOOLSON, 1967).

L'étude de la dégradation des pesticides en milieu réel est très complexe car ce phénomène est influencé par de nombreux facteurs difficilement maîtrisables (vent, ruissellement). Des études au laboratoire sont donc nécessaires pour la compléter.

Toutefois, cette partie nous a permis d'avoir une idée de la contamination des sols des sites d'étude ainsi que l'évolution de la Cyperméthrine dans les sols après les traitements insecticides.

II- Dynamique de dégradation de l'Endosulfan en condition contrôlée

2-1-Résultats

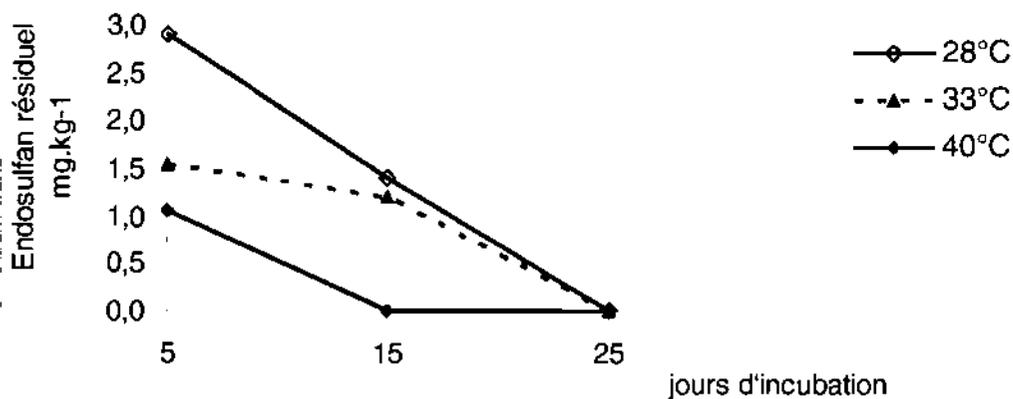
2-1-1-Effet de la température sur la dégradation de l' Endosulfan dans le sol

La figures 6 présente pour chaque sol, les teneurs en Endosulfan en fonction des températures et du temps d'incubation. D'une manière générale, il y a dégradation de l'Endosulfan dans tous les sols et aux trois températures d'incubation. La décroissance du taux d'Endosulfan est rapide dans les premiers jours d'incubation pour s'annuler 25ème jour après incubation quelque soit le sol et la température. La décroissance du taux d'Endosulfan est plus rapide avec l'augmentation de la température. Dès le 15^{ème} jour après incubation, la presque totalité de l'Endosulfan a disparu quelque soit le sol à 40°C.

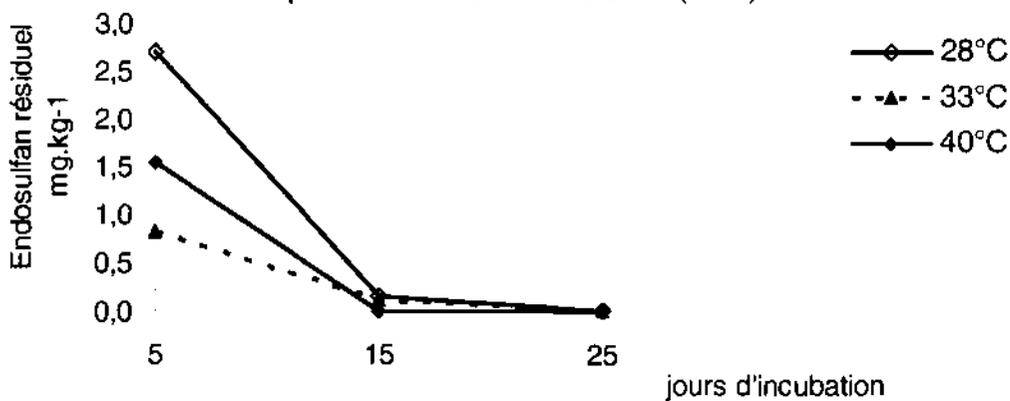
Par ailleurs l'Endosulfan évolue différemment en fonction des sols. De façon générale la dégradation de l'Endosulfan est avancée en sols brun eutrophes hydromorphes /vertiques qu'en sols faiblement ferrallitiques. Cette tendance est observée pendant toute la durée d'incubation. De plus, on peut remarquer que 95% d'Endosulfan a disparu dans les sols brun eutrophes hydromorphes/ vertiques contre seulement 53% en sols faiblement ferrallitiques à 28 °C après 15 jours d'incubation. La figure 6 montre aussi que la température d'incubation à 33°C a eu un effet favorable sur la dégradation de l'Endosulfan en fonction des sols. En effet, des dégradations importantes ont été observées pour les sols brun eutrophes (96%) et les sols

ferrugineux (96%) et ce, pour 15 jours d'incubation. Mais au 15^{ème} jour, la dégradation de L'Endosulfan dans les sols ferrallitiques n'était qu'à 60% (figure 6 a). Pour cette température, on peut dire que la dégradation de l'Endosulfan est lente dans les sols ferrallitiques mais n'est totale qu'au 25^{ème} jour (figure 6, a).

6 a/ Evolution de L'Endosulfan dans les sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ)



6 b/ Evolution de L'Endosulfan dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni)



6 c/ Evolution de L'Endosulfan dans les sols brun eutrophes hydromorphes/ vertique (Kaibo)

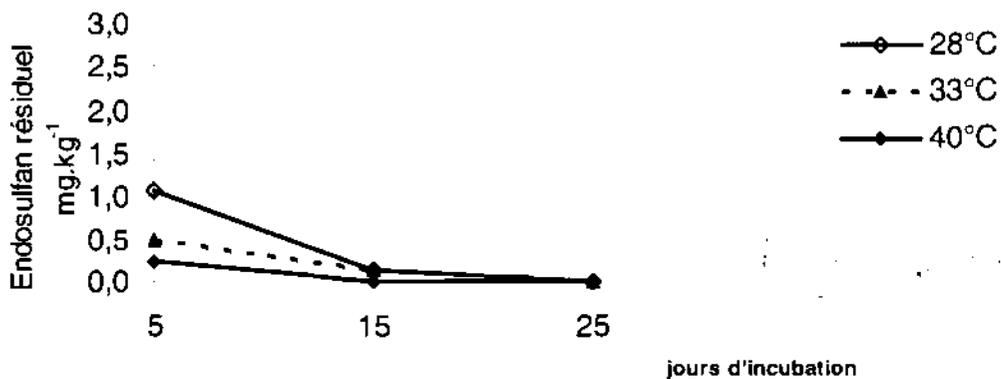


Figure 6 : Evolution de l'Endosulfan dans chaque type de sol en fonction des températures et du temps d'incubation.

2-1-1-1- Evolution de l'Endosulfan dans les sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ)

La figure 6 a montre que l'Endosulfan est dégradé plus rapidement à la température de 40°C par rapport à celle de 28°C et de 33°C après 5 jours d'incubation. Mais dès 15 jours d'incubation, presque tout l' Endosulfan a disparu à 40°C, cependant les températures de 28°C et 33°C conservent des teneurs d'Endosulfan de l'ordre de 46,67 et 40%. Tout l'Endosulfan est dégradé à 25 jours après incubation quelque soit la température.

2-1-1-2-Evolution de l'Endosulfan dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni)

La figure (6 b) illustre que la dégradation de l'Endosulfan est plus avancée à la température de 33 °C (27,67%) et peu modifié à 28°C (90%) pendant les 5 jours d'incubation. L'Endosulfan est 5 fois plus dégradé à 40°C qu'à 28°C. On peut remarquer que tout l'Endosulfan est dégradé à 40°C après 15 jours d'incubation.

2-1-1-3-Evolution de l'Endosulfan dans les sols brun eutrophes (Kaibo)

Tout comme dans les sols de Farako-Bâ, la dégradation de l'Endosulfan est plus avancée à la température de 40°C comparativement aux autres températures.

En effet la température de 40°C dégrade 1,5 fois plus que la température de 28°C et 1,1 fois plus que celle de 33°C après 5 jours d'incubation.

2-1-2-Effet de la matière organique sur la dégradation de l'Endosulfan dans les sols

La figure 7 présente pour chaque sol, les teneurs en Endosulfan en fonction des apports organiques et du temps d'incubation. D'une manière générale, il y a dégradation de l'Endosulfan dans l'ensemble des sols non amendés et amendés quelque soit le niveau d'apport organique. Cette dégradation est rapide pendant les 15 jours d'incubation quelque soit le sol et les apports organiques. Presque tout l'Endosulfan a disparu dans les sols brun eutrophes (Kaibo) après 25 jours d'incubation. Cependant les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion et les sols faiblement ferrallitiques présentent encore des teneurs en Endosulfan particulièrement plus élevées par rapport au 15^{ème} jour après incubation.

Les apports organiques induisent de façon générale, une dégradation plus rapide de l'Endosulfan quelque soit le sol et dès 15 jours après incubation, la presque totalité de l'Endosulfan est a disparu dans l'ensemble des sols. En effet, les apports organiques à dose

simple induisent une dégradation plus rapide dans les sols ferrugineux alors que ce phénomène est observé dans les sols bruns eutrophes suite aux apports organiques à double dose (figure 7).

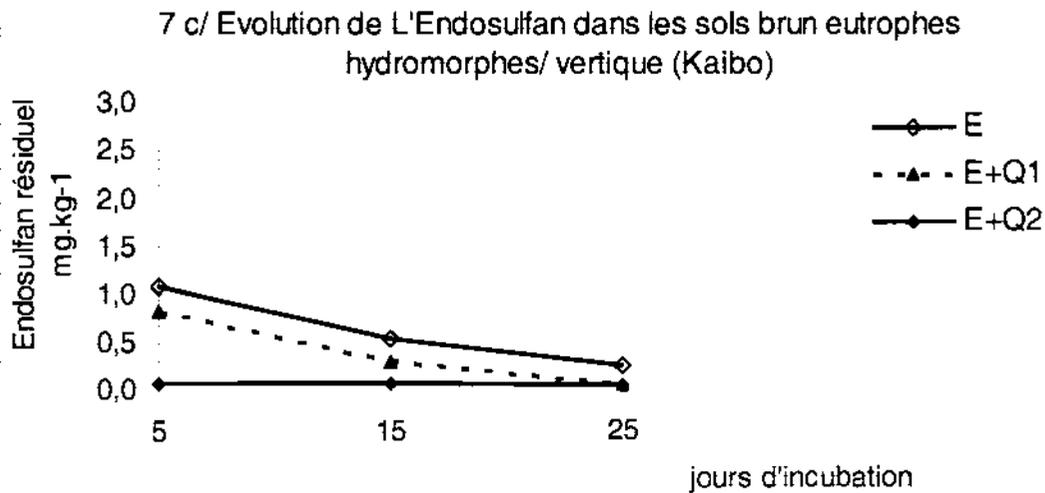
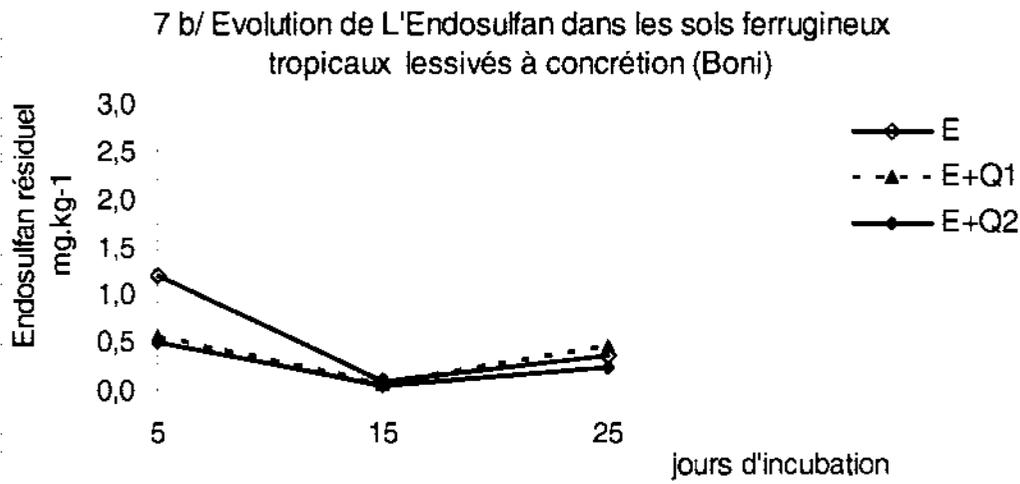
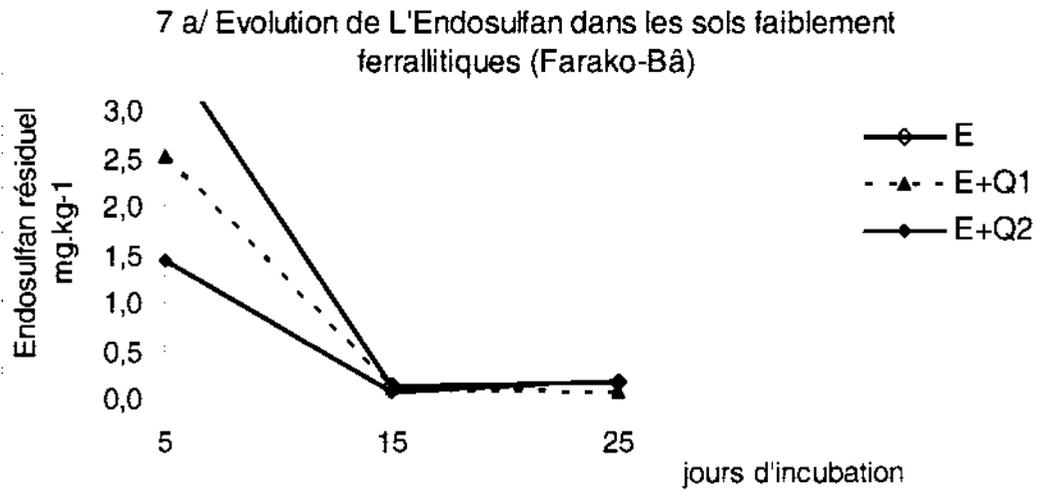


Figure 7: Evolution de l'Endosulfan dans chaque type de sol en fonction des apports organiques et du temps d'incubation

2-1-2-1- Evolution de l'Endosulfan dans les sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ)

La dégradation de l'Endosulfan dans les sols de Farako-Bâ est illustrée par la figure (7, a). Pendant les cinq premiers jours d'incubation les apports organiques induisent 3 fois plus de dégradation d'Endosulfan comparativement aux apports organiques à faible dose; alors qu'il n'y a pratiquement pas de dégradation d'Endosulfan dans les sols non amendés.

Au 15^{ème} jour on peut remarquer les mêmes effets induits par les apports organiques à dose double comparativement à la simple dose et aux sols, non amendés.

2-1-2-2- Evolution de l'Endosulfan dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés (Boni)

La figure (7 b) montre que les apports organiques à double dose, induisent une dégradation plus avancée de l'Endosulfan, suivit par les apports organiques à dose simple et enfin les sols non amendés jusqu'au 15^{ème} jour d'incubation.

2-1-2-3-Evolution de l'Endosulfan dans les sols bruns eutrophes hydromorphes/vertique (Kaibo)

Elle est présentée par la figure (7 c). L'Endosulfan est très rapidement dégradé avec des apports organiques à double dose suivit par la dose simple enfin les sols non amendés. En effet, pendant les cinq premiers jours d'incubation, les concentrations de l' Endosulfan sont seulement de 1,13 % avec la double dose d'amendement soit 1, 5 et 1 fois plus de dégradation qu'au niveau des sols non amendés et des apports à simple dose. Et pendant toute la durée de l'incubation à la dose double, l'Endosulfan est resté à un taux constant de concentration très bas (1,13%). Les sols non amendés et les sols amendés simplement ont une évolution décroissante durant cette incubation (figure 7C).

2-2- Discussion

Les résultats de cette étude ont permis d'avoir un aperçu du comportement de l'Endosulfan dans divers types de sols au Burkina Faso en intégrant un facteur climatique (température) et un autre facteur édaphique. En effet, la dégradation des pesticides dans les sols est la résultante de processus physico-chimiques et biologiques (COLUMA, 1977). Ces processus sont influencés par de nombreux facteurs dont les conditions agro climatiques (température, lumière, humidité...), le type de sol et la nature du pesticide. (ETO, 1974 ; COULIBALY et SMITH, 1990).

L'ensemble des résultats montre que les sols incubés à 40°C présentent des dégradations plus avancées d'Endosulfan que les sols incubés à 33°C et 28°C quelle que soit la nature des sols. Des tendances similaires ont été observées par de nombreux auteurs en particulier COULIBALY et SMITH, (1990) et ROBERT (2001) lors des diverses études portant sur la dégradation des pesticides dans les sols. En effet, ROBERT (2001) a montré que la dégradation du 1,3-dichloropropène augmente de 4,3 à 5,2 % en une journée quand la température varie de 20°C à 40°C. D'autres auteurs ont montré que la demie vie (DT_{50}) du DDT (organochloré) était de 30 mois en région tempérée et de 3 à 9 mois sous climat tropical (PAN et CTA, 1993) où les températures maximales avoisinent 40°C.

Ces tendances pourraient s'expliquer entre autres par un effet double de la température qui modifie d'une part la vitesse des réactions enzymatiques et d'autre part intervient par une action directe comme facteur abiotique dans la dégradation. La lumière du soleil et la chaleur ont été ciblées comme la source majeure de dégradation des organochlorés et des pyréthrénoïdes dans l'environnement (ETO, 1974).

Les tests d'incubation qui ont été conduits avec les apports organiques ont montré que la dégradation de l'Endosulfan était plus lente dans les sols témoins (non amendés) comparativement aux sols amendés. Cette dégradation est croissante avec les doses de matière organique apportées. On peut alors affirmer que l'apport de matière organique favorise la dégradation de l'Endosulfan dans le sol. En effet de par sa constitution, la matière organique apporte une biomasse supplémentaire aux sols (algues, bactéries, faunes et des racines) susceptible de modifier la dégradation des pesticides dans les sols. Par ailleurs, cette matière organique constitue une source de nourriture pour les micro-organismes du sol selon SEDOGO (1981), CISSE (1985) et HIEN (1990) et elle joue un rôle de tampon des sols favorisant ainsi l'activité catabolique de la microflore.

Les études antérieures réalisées par Savadogo (2001) avaient montré également que la biodégradation du Décis (Deltaméthrine) en condition anaérobie due essentiellement à la flore endogène était à hauteur de 38,5%, alors que les apports d'autres microorganismes dans le sol augmentaient ce taux à 79%. Aussi, MARTENS (1976) avait testé la capacité de certains microorganismes du sol à dégrader l'Endosulfan et avait montré que 16 champignons, 15 bactéries et 3 actinomycètes pouvaient dégrader plus de 30% de l'Endosulfan appliqué au sol. D'autres études ont montré que la matière organique possède de nombreux groupements fonctionnels qui lui procurent une grande réactivité chimique (COLUMA, 1977).

La comparaison de l'évolution de l'Endosulfan dans les types de sols montre que dans la plupart du temps suivant les variations de températures ou des niveaux d'apports organiques, les sols bruns eutrophes hydromorphes/vertiques (kaibo) dégradent plus rapidement l'Endosulfan, alors que les sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ) semblent être les moins aptes à la dégradation de l'Endosulfan. Les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni) présentent une aptitude intermédiaire pour la dégradation de l'Endosulfan.

De nombreux auteurs ont montré que les paramètres physico chimiques des sols pouvaient influencer la dégradation de pesticides dans les sols. En effet, la dégradation avancée de l'Endosulfan dans les sols brun eutrophes résulterait de sa richesse en argile et limon. Cette tendance s'accorde avec les données de la littérature. Certaines études ont effectivement montré que les argiles possèdent des propriétés catalyseurs de surface qui permettent une transformation chimique des molécules organiques adsorbées (COLUMA, 1977).

Plusieurs hypothèses sont susceptibles d'expliquer les concentrations d'Endosulfan relativement faible dans les échantillons de sol qui semblent traduire une dégradation plutôt avancée de l'Endosulfan par rapport aux résultats d'autres études antérieures. De façon générale les DT_{50} de l'Endosulfan des sols incubés aux différentes températures sont estimées entre 5-15 jours dans les sols amendés alors que d'après les données de la littérature (PESTICIDE MANUAL, 2000), sa demie vie dans les sols est en effet estimée entre 2-6 mois. La première hypothèse est fondée sur le phénomène d'adsorption des matières actives par les feuillets d'argiles et/ ou la matière organique du sol qui donne l'illusion de l'élimination des pesticides (COLUMA, 1977 et PAN/CTA, 1993). C'est le cas du Paraquat qui a été retrouvé dans les sols de la région productrice du café de Costa Rica plusieurs années après la dernière application de ce produit. Le Paraquat était rétrogradé dans les feuillets d'argiles (PAN /CTA, 1993). Selon COLUMA (1977) aussi, l'adsorption des pesticides par la matière organique est surtout courante avec les molécules neutres ou les molécules acides or d'après MURRAY (1994) l'Endosulfan est une molécule neutre. Cette molécule a pu être adsorbés par ces substances les soustrayant ainsi à l'extraction.

La seconde hypothèse est basée sur la durée de conservation des échantillons de sol avant la phase d'extraction de l'Endosulfan. Pendant cette période l'activité biologique n'est pas inhibée complètement. Les processus microbiologiques bien que faibles ont pu contribués a dégrader l'Endosulfan. A cette dégradation biologique de l'Endosulfan pendant cette période, pourrait être associée une dégradation abiotique en l'occurrence l'hydrolyse de l'Endosulfan.

En effet selon COLUMA (1977) les réactions d'hydrolyse des pesticides dans le sol sont importantes.

2-3-Conclusion partielle

Dans cette partie de notre étude, notre ambition était surtout de dégager les tendances liées à la dégradation de l'Endosulfan dans les sols. On peut remarquer que l'ensemble des sols dégrade plus rapidement l'Endosulfan à la température de 40°C par rapport à la faible température (28°) d'une part et d'autre part que les apports organiques améliorent la dégradation de l' Endosulfan. De ce travail, il en résulte une dégradation probable de l'Endosulfan durant toute la période de l'année sur l'ensemble des sols et elle sera d'autant plus rapide pendant la première période chaude de l'année (mars -avril) où les températures maximales moyennes avoisinent 40°C sur l'ensemble des sites.

Comparativement aux types de sols, les sols brun eutrophes peu évolués hydromorphes vertiques semblent dégrader plus rapidement l' Endosulfan, suivent dans l'ordre les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion et enfin les sols faiblement ferrallitiques.

Toutefois nous convenons que ces hypothèses doivent être confirmées car la dégradation des pesticides dans les sols est un phénomène complexe qui est sous la dépendance de plusieurs facteurs et leurs interdépendance rend souvent difficile l'interprétation des données prises isolement.

III- Evaluation des effets de l'Endosulfan et du Profénofos sur l'activité biologique de trois sols en fonction des apports organiques.

3-1-Résultats

3-1-1-Quantités cumulées du CO₂ dégagé

Les figures 8, 9, 10, 11, 12 et 13 présentent l'évolution des quantités cumulées de CO₂ dégagé dans les sols en fonction des pesticides et des apports organiques.

D'une façon générale, cette évolution a une allure exponentielle quelque soit le pesticide et le traitement avec deux phases caractéristiques :

- La première correspond à une phase ascendante à forte pente. Elle dure un jour pour les sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ) et les sols bruns eutrophes hydromorphes

vertiques (Kaibo) et 2 jours pour les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni).

- La seconde phase est toujours ascendante jusqu'à la fin de l'incubation mais la rapidité dépend du traitement et du sol.

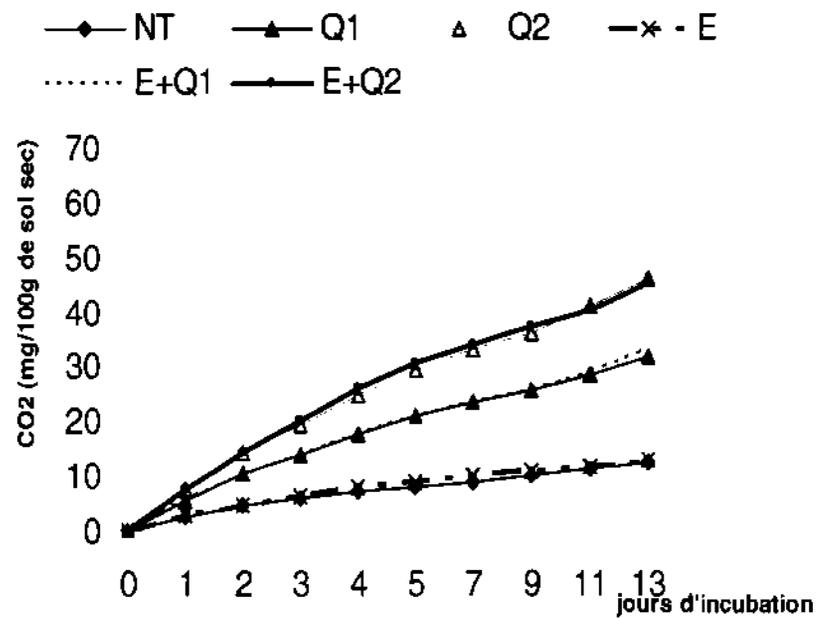


Figure 8 : Productions cumulées de CO₂ des sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ) en présence d'Endosulfan et des apports organiques

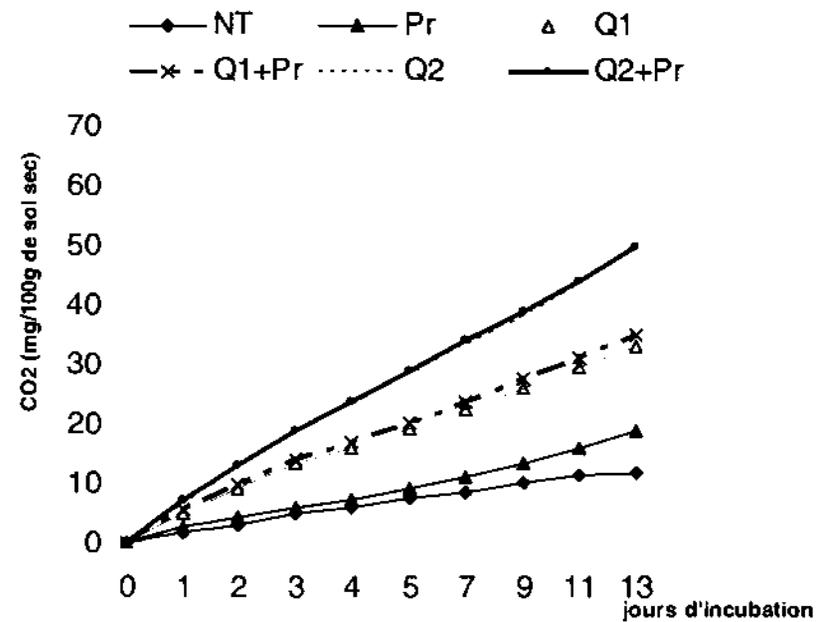


Figure 9 : Productions cumulées de CO₂ des sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ) en présence du Profénofos et des apports organiques

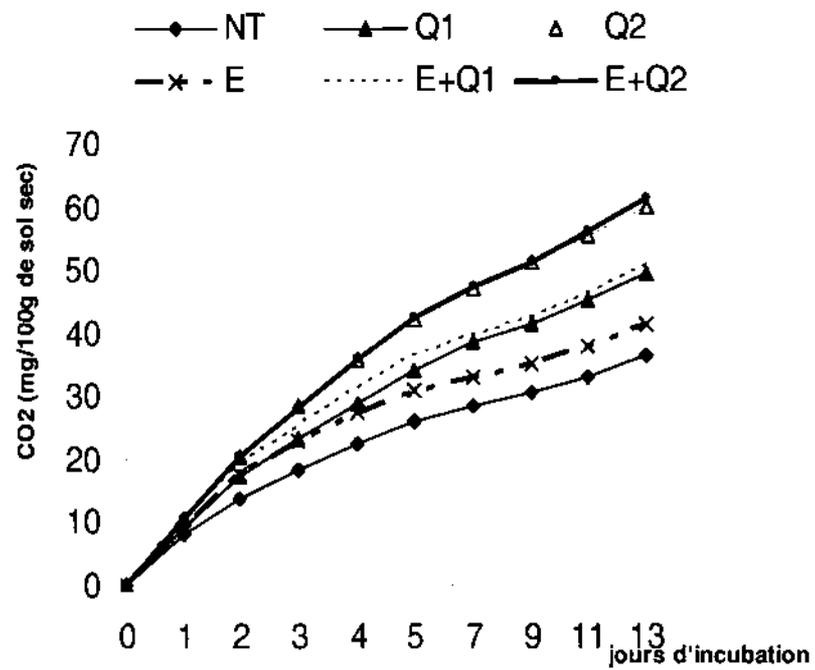


Figure 10 : Productions cumulées de CO₂ des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni) en fonction de l'Endosulfan et des apports organiques

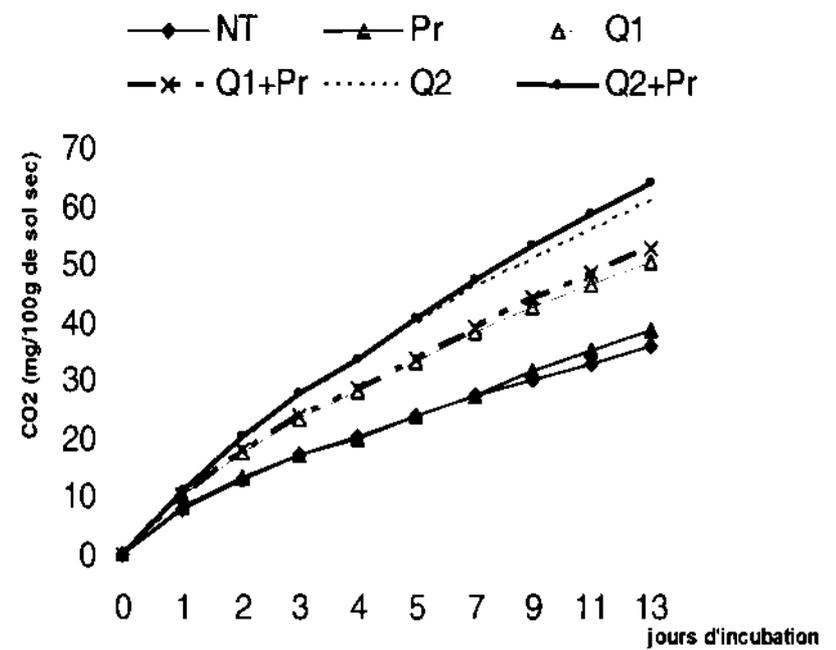


Figure 11 : Productions cumulées de CO₂ des sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni) en fonction de du Profénofos et des apports organiques

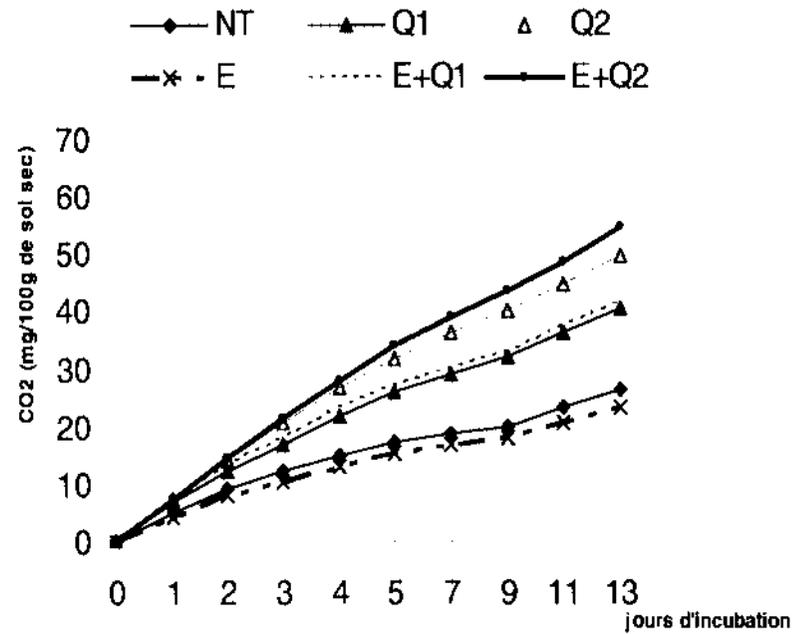


Figure 12 : Productions cumulées de CO₂ des sols bruns eutrophes hydromorphes vertiques (Kaibo) en fonction de l'Endosulfan et des apports organiques

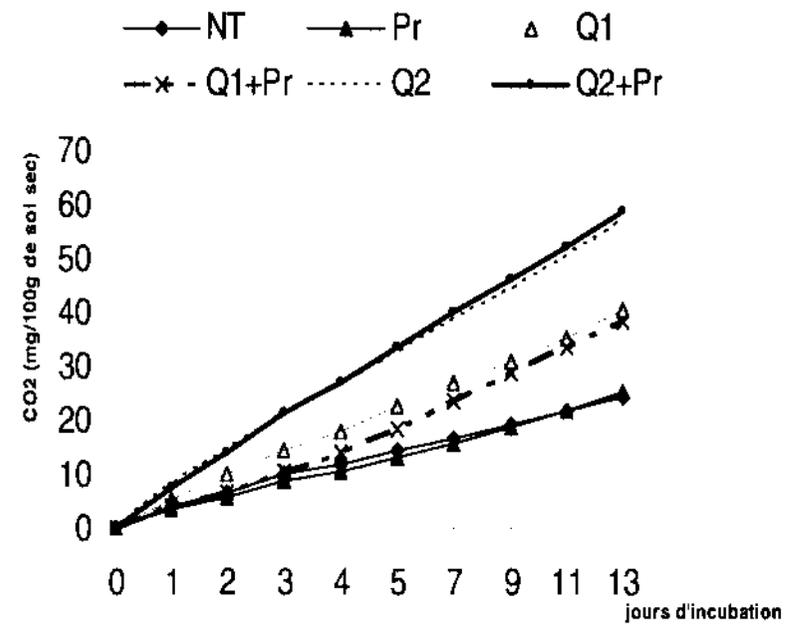


Figure 13 : Productions cumulées de CO₂ des sols bruns eutrophes hydromorphes vertiques (Kaibo) en fonction du Profénofos et des apports organiques

Les tableaux 7 et 8 permettent d'évaluer l'effet de l'Endosulfan et du profénofos sur le dégagement cumulé du CO₂ en fonction des apports organiques après 13 jours d'incubation des sols. D'une manière générale, les apports organiques à double dose induisent une minéralisation plus importante du carbone sur l'ensemble des sols quelque soit la nature pesticide utilisé suivent dans l'ordre les apports organiques à dose simple et enfin les sols non amendés.

Tableau 7 :Effet de l'Endosulfan sur le dégagement cumulé du CO₂ (mg/100g de sol) après 13 jours d'incubation des sols .en fonction des apports organiques

Traitements	Farako-Bâ	Boni	Kaibo
NT	12,650 ^a	36,317 ^a	23,480 ^a
E	13,040 ^a	41,240 ^b	26,480 ^b
Q1	31,680 ^b	49,430 ^c	40,560 ^c
E+Q1	32,960 ^c	50,630 ^c	41,840 ^d
E+Q2	45,260 ^d	61,400 ^d	54,860 ^f
Q2	46,050 ^e	59,920 ^d	49,680 ^e
ddl	5	5	5
probabilité	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Signification	THS	THS	THS

Test Student Newman Keuls au seuil de 5%. La différence n'est pas significative entre les valeurs affectées par une même lettre dans une colonne

Tableau 8 :Effet du Profénofos sur le dégagement cumulé du CO₂ (mg/100g de sol) après 13 jours d'incubation des sols en fonction des apports organiques

Traitements	Farako-Bâ	Boni	Kaibo
NT	11,550 ^a	36,060 ^a	24,480 ^a
Pr.	18,660 ^b	38,850 ^b	25,200 ^a
Q1	32,940 ^c	50,490 ^c	40,290 ^c
Q1+Pr.	34,830 ^d	52,830 ^d	38,340 ^b
Q2+Pr.	49,620 ^e	64,110 ^f	58,860 ^e
Q2	49,770 ^e	60,990 ^e	57,120 ^d
ddl	5	5	5
probabilité	<0,0001	<0,0001	<0,0001
Signification	THS	THS	THS

Test Student Newman Keuls au seuil de 5%. La différence n'est pas significative entre les valeurs affectées par une même lettre dans une colonne

3-1-1-1-Quantités cumulées du CO₂ dégagé dans les sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ) en présence des pesticides après 13 jours d'incubation

Après 13 jours d'incubation des sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ), il n'y a pas de différence significative entre la minéralisation du carbone dans les sols témoins et les sols pollués avec l'Endosulfan sans amendement. Toutefois la quantité cumulée du CO₂ dégagée dans les sols pollués (E) est plus élevée que dans les sols témoins (NT) (tableau 7). Par contre la minéralisation du carbone dans les sols pollués avec le Profénofos sans amendement (Pr.) est significativement plus importante par rapport aux sols témoins (NT) (Figure 8).

Les tableaux 7 et 8 montrent que la minéralisation du carbone dans les sols pollués avec des apports organiques à dose simple (E+Q1 et Pr.+Q1) est significativement plus élevée que dans les sols non pollués avec des apports organiques à dose simple .quelque soit la nature du pesticide.

Les apports organiques à double dose induisent des quantités cumulées de CO₂ significativement plus élevées dans les sols non pollués (Q2) en comparaison avec les sols pollués avec l'Endosulfan (E+Q2) d'après le tableau 7. On peut remarquer qu'il n'y a pas de différence significative suite aux apports organiques à double dose avec l'application du profénofos. (Tableau 8).

3-1-1-2-Quantités cumulées du CO₂ dégagé dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni) en présence des pesticides après 13 jours d'incubation

Le tableau 7 montre que la quantité cumulée de CO₂ dégagé au bout de 13 jours d'incubation est significativement élevée dans les sols pollués avec l'Endosulfan sans amendement en comparaison avec les témoins. Par contre les analyses statistiques des quantités cumulées du CO₂ dégagé montrent qu'il n' y a pas de différence significative entre la minéralisation du carbone dans les sols non pollués et les sols pollués avec l'Endosulfan sous l'effet des apports organiques à dose simple ou à dose double (tableau7). Mais on peut remarquer que la quantité cumulée du CO₂ dans les sols pollués (E+Q1 et E+Q2) est plus élevée que dans les sols non pollués (Q1 et Q2).

Le Tableau 8 indique que la minéralisation du carbone dans les sols pollués avec l'application du profénofos dans les sols amendés ou non amendés (Pr., Q1+Pr., Q2+Pr.), est significativement plus important en comparaison avec les sols non pollués (NT ; Q1 et Q2).

3-1-1-3-Quantités cumulées du CO₂ dégagé dans les sols bruns eutrophes hydromorphes /vertiques (kaibo) en fonction des pesticides après 13 jours d'incubation.

Les quantités cumulées de CO₂ dégagé au bout de 13 jours d'incubation des sols brun eutrophes évoluent différemment suivant les traitements. En effet les sols pollués à l'Endosulfan avec ou sans apports organiques dégagent des quantités cumulées de CO₂ qui sont significativement plus élevées en comparaison avec les sols non pollués amendés ou non amendés (tableau7).

Au bout de 13 jours d'incubation des sols brun eutrophes il n'y a pas eu de différence significative entre la minéralisation du carbone dans les sols témoins et les sols pollués avec le profénofos sans amendement. Toutefois la quantité cumulée du CO₂ dégagé dans les sols pollués (Pr.) est plus élevée que dans les sols témoins (NT) (tableau 8). Il montre également que la minéralisation du carbone dans les sols pollués avec des apports organiques à dose simple (Pr. +Q1) est significativement plus élevée que dans les sols non pollués. Par ailleurs, les apports organiques à double dose induisent un dégagement de CO₂ en quantité plus importante dans les sols pollués par l'application du Profénofos par rapports aux sols non pollués (Tableau 8).

3-1-2-Taux de minéralisation globale (TMG)

Le taux de minéralisation globale permet d'évaluer la vitesse de minéralisation du carbone au niveau des sols. Ce facteur peut être influencé par les caractéristiques des sols et la nature des traitements. En effet les analyses statistiques révélées dans le tableau 9 indiquent que les différences entre les sols et les traitements sont très hautement significatives.

Tableau 9 : Analyses statistiques (Anova) du comportement des sols et des traitements sous l'effet des pesticides après 13 jours d'incubation(Taux de minéralisation globale du carbone : TMG)

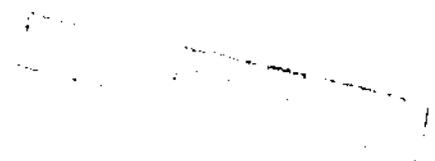
Sources de variation	ddl	TMG	
		Endosulfan	Profénofos
Effet sols	2	< 0,0001	< 0,0001
Effet traitements	2	< 0.0001	< 0.0001
Effet sols*traitements	4	< 0.0001	< 0.0001
signification		THS	THS

NB : La différence entre les groupes est très hautement significative (THS)

Les figures 14 et 15 présentent l'évolution des taux de minéralisation globale dans les sols en fonction des pesticides et des apports organiques.

exponentielle quelque soit le pesticide et le traitement et présente deux phases caractéristiques :

- La première phase correspond à une phase ascendante à forte pente. Elle dure 1-2 jours pour les sols faiblement ferrallitiques de Farako-Bâ (figure 14 a) et les sols bruns eutrophes hydromorphes vertiques de Kaibo (figure 14c) et 4 jours pour les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion à Boni (figure 14 b). Cette évolution est observée dans l'ensemble des sols incubés en présence de l'Endosulfan dans les sols. (figure 14). Cependant la première phase dure 1-2 jours sur l'ensemble des sols incubés en présence du profénofos. (figure 15).
- La seconde phase est toujours ascendante dans les sols incubés en présence d'Endosulfan et de Profénofos (figure 14 et 15) mais la pente est forte dans les sols bruns eutrophes hydromorphes vertiques (figure 14 b).



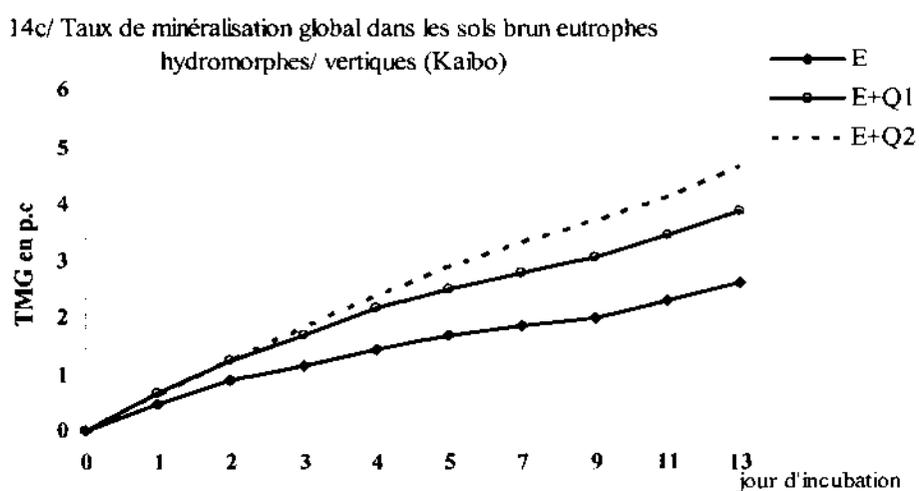
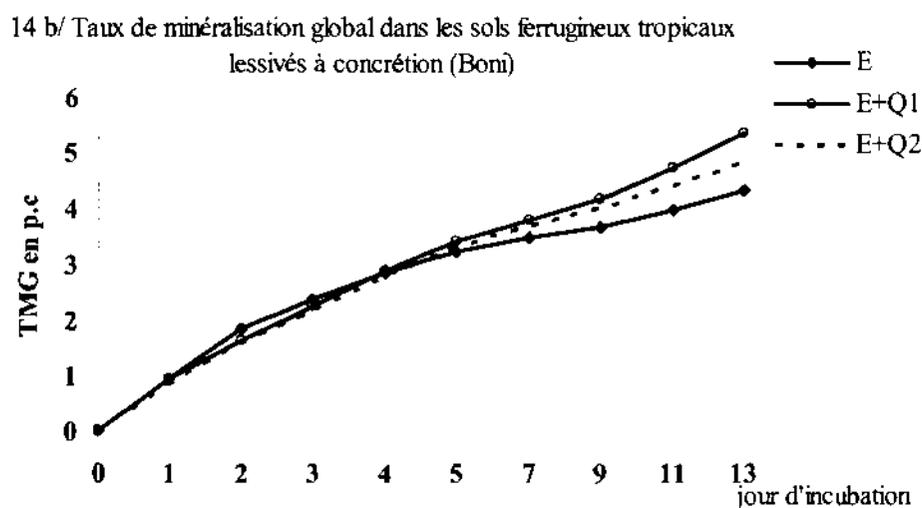
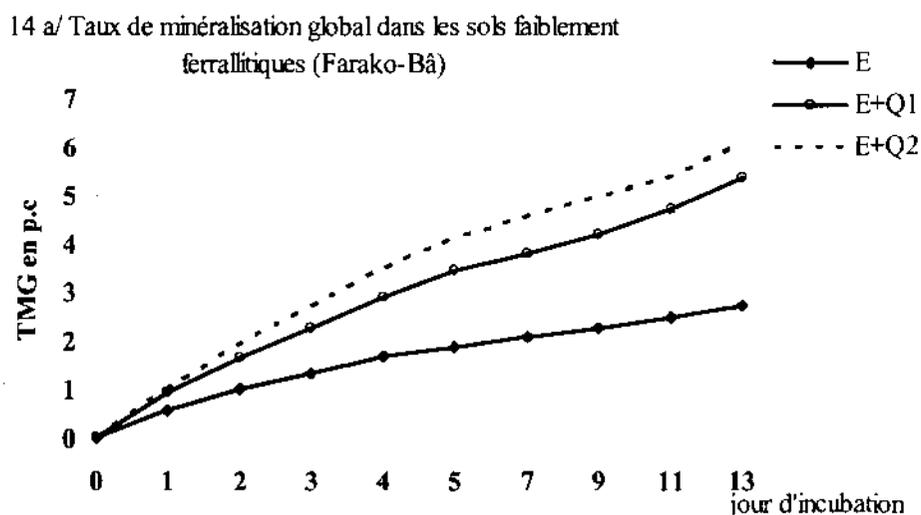


Figure 14 : Taux de minéralisation globale dans les sols en présence d'Endosulfan et des apports organiques

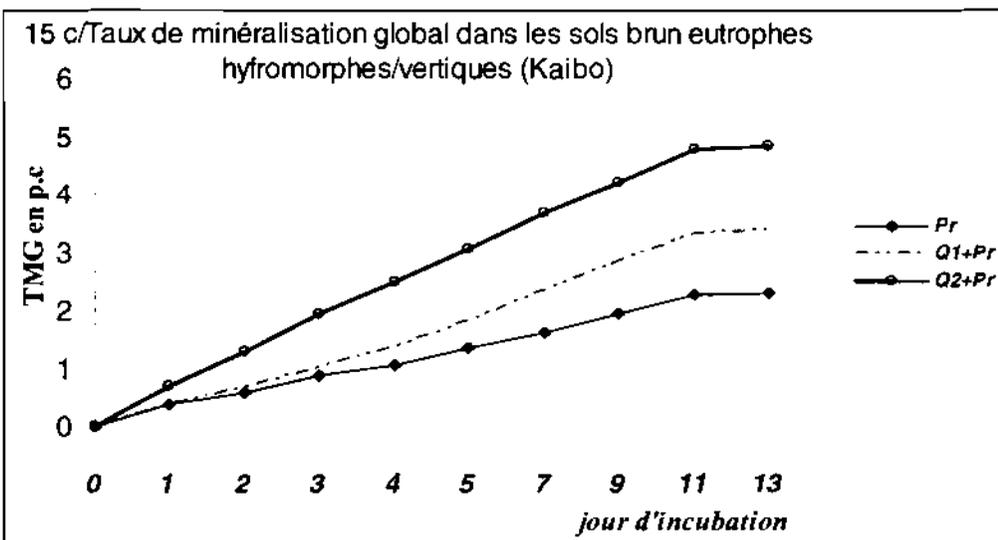
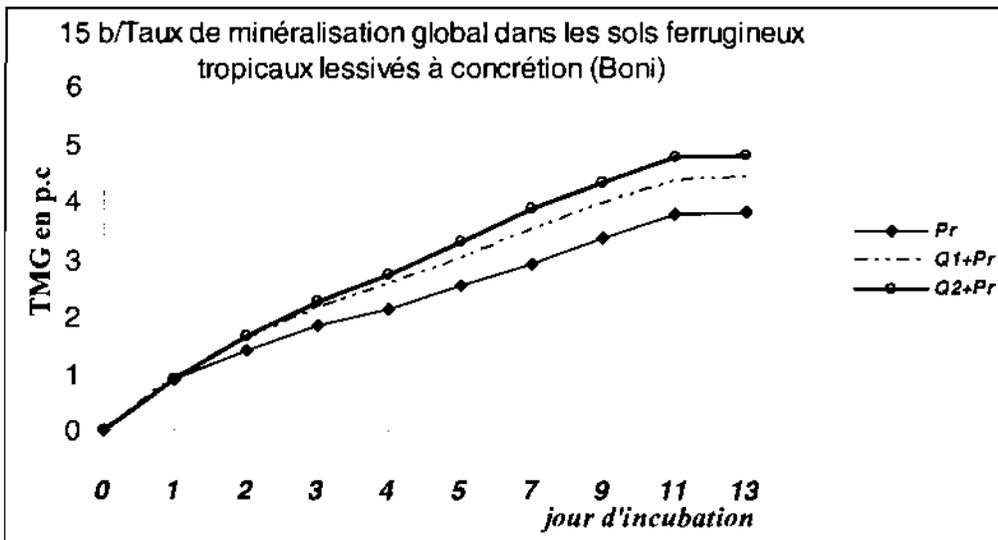
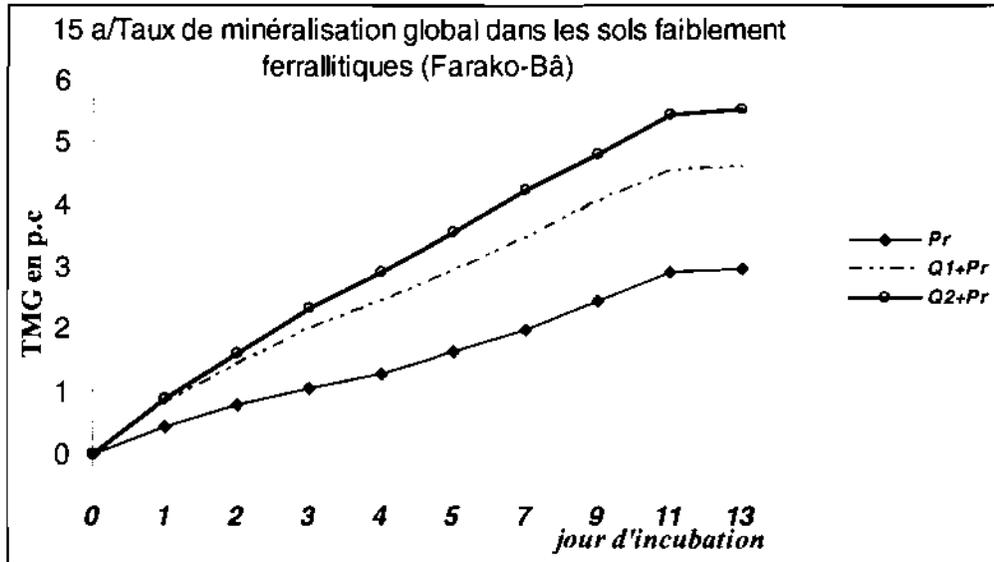


Figure 15 : Taux de minéralisation globale dans les sols en présence de Profénofos et des apports organiques.

L'analyse du cumul du taux de minéralisation globale en fin d'incubation (tableau 10) indique que la vitesse de minéralisation du carbone dans les sols est généralement faible en sols brun eutrophes hydromorphes/ vertique (Kaibo) avec les deux types de pesticides.

Tableau 10 : Cumul du taux de minéralisation globale (TMG) du carbone des sols sous l'effet des pesticides au 13^{ème} jour d'incubation)

sols	TMG (%)	
	Endosulfan	Profénofos
Kaibo	3,610 ^a	3,228 ^a
Farako Bâ	4,708 ^c	3,752 ^b
Boni	4,503 ^b	4,127 ^c
ddl	2	2
Signification	THS	THS

NB : Test Student Newman Keuls au seuil de 5%. La différence n'est pas significative entre les valeurs affectées d'une même lettre dans une colonne

Au niveau des traitements pesticides avec l'Endosulfan (tableau 11), on peut remarquer qu'il n'y a pas de différences significatives entre le TMG induit par l'amendement double d'une part et l'amendement simple d'autre part. Cependant il est nettement supérieur au TMG des sols pollués sans amendement. Par ailleurs, ce même tableau indique pour le traitement au Profénofos, une différence nette entre les traitements avec une minéralisation plus rapide dans les sols amendés à la dose double et faible dans les sols non amendés.

Tableau 11 : Cumul du taux de minéralisation globale (TMG) du carbone en fonction des traitements au 13^{ème} jour d'incubation

sols	TMG	TMG
	Endosulfan (%)	Profénofos (%)
Pesticides	3,219 ^a	3,019 ^a
Pesticides +Q1	4,539 ^b	4,128 ^b
Pesticides + Q2	5,244 ^b	5,060 ^c
ddl	2	2

NB : Test Student Newman Keuls au seuil de 5%. La différence n'est pas significative entre les valeurs affectées d'une même lettre dans une colonne

3-1-2-Taux de minéralisation complémentaire (TMC)

A la différence du taux de minéralisation globale, le taux de minéralisation complémentaire ou TMC dans les sols permet d'évaluer la minéralisation du carbone supplémentaire relative aux apports de pesticides dans les sols. Les analyses statistiques présentées dans le tableau 12 indiquent que les différences entre les sols et les traitements sont très hautement significatives.

Tableau 12 : Analyses statistiques (Anova) du comportement des sols et des traitements sous l'effet des pesticides (Taux de minéralisation complémentaire du carbone au 13^{ème} jour d'incubation)

Sources de variation	ddl	TMC	
		Endosulfan	Profénofos
Effet sols	2	< 0,0001	< 0,0001
Effet traitements	2	< 0,0001	< 0,0001
Effet sols*traitements	4	< 0,0001	< 0,0001
signification		THS	THS

NB : La différence entre les groupes est très hautement significative (THS)

Les figures 16 et 17 illustrent l'évolution du cumul du taux de minéralisation complémentaire dans les sols incubés en présence des pesticides.

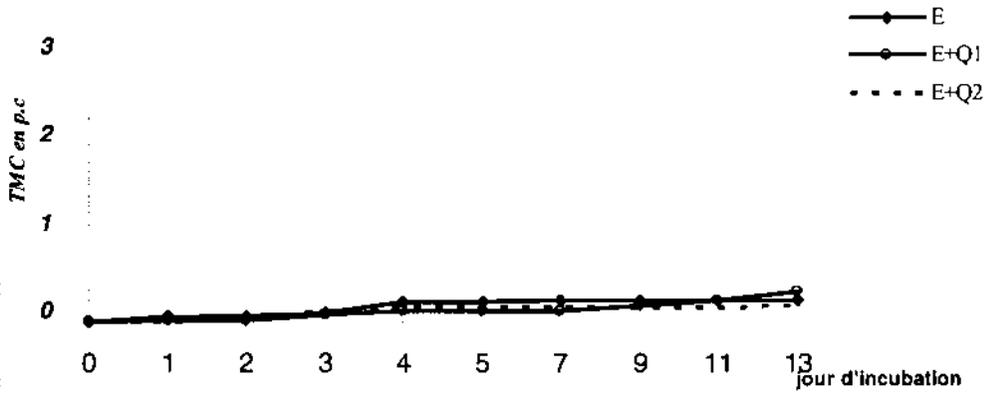
De façon générale, trois phases caractérisent l'évolution des taux de minéralisation complémentaire dans les sols en présence de pesticide. Ces phases donnent à l'ensemble du processus, une cinétique de minéralisation ayant une allure de courbe exponentielle :

- une phase de latence dont la durée varie en fonction des sols et des traitements. Cette phase dure 1 à 2 jours dans les sols faiblement ferrallitiques de Farako-Bâ (figure 16 a) et les sols bruns eutrophes de Kaibo (figure 16 c) en présence d'Endosulfan mais elle est plus longue (2 à 4 jours) en sols ferrugineux de Boni (figure 16 b).

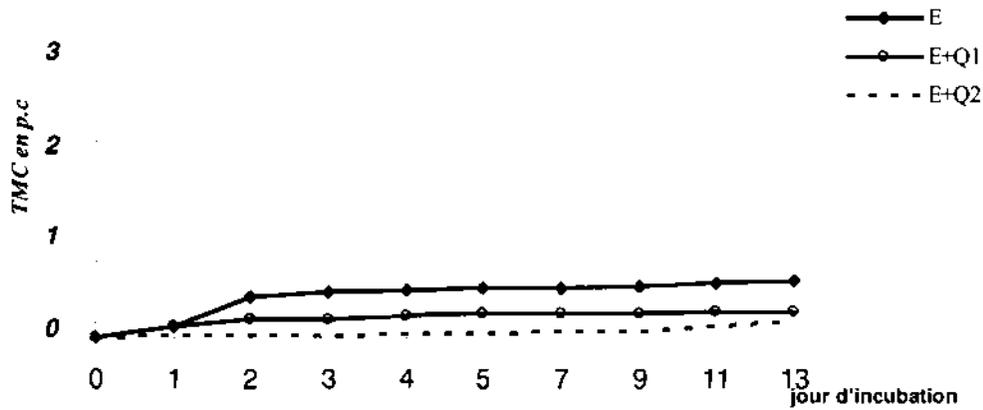
Les sols incubés en présence de Profénofos présentent des temps de latence qui peuvent varier d'un jour à une semaine. Généralement, la phase de latence est plus longue dans les sols non amendés et les sols amendés avec la double dose. (Figure 17 a et 17 c).

- La seconde phase est une phase ascendante généralement plus longue dans les sols incubés en présence de l'Endosulfan (figures 16) comparativement aux sols incubés en présence de profénofos (17).
- la troisième phase est linéaire, elle est généralement plus courte dans les sols incubés en présence de Profénofos (figure 16) par rapport aux sols incubés en présence de Profénofos (Figure 17).

16 a/ Taux de minéralisation complémentaire dans les sols faiblement ferrallitiques (Farako-Bâ)



16b/ Taux de minéralisation complémentaire dans les sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (Boni)



16 c Taux de minéralisation complémentaire dans les sols brun eutrophes hydromorphes / vertiques (Kaibo)

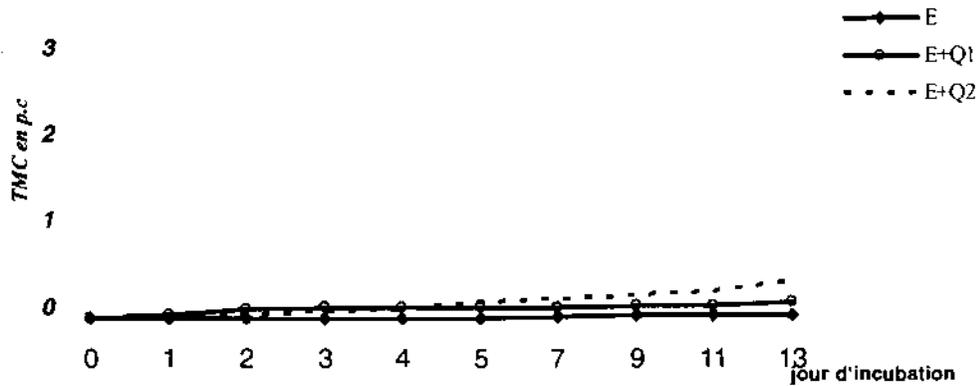
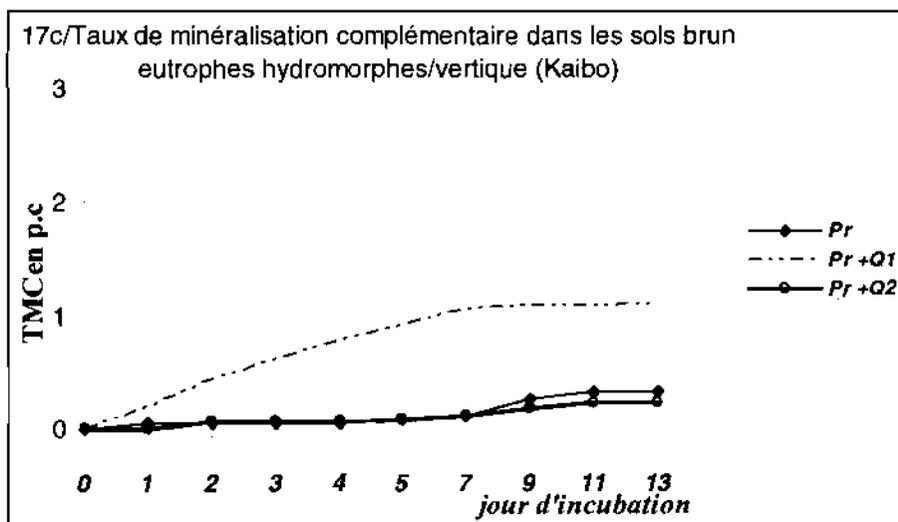
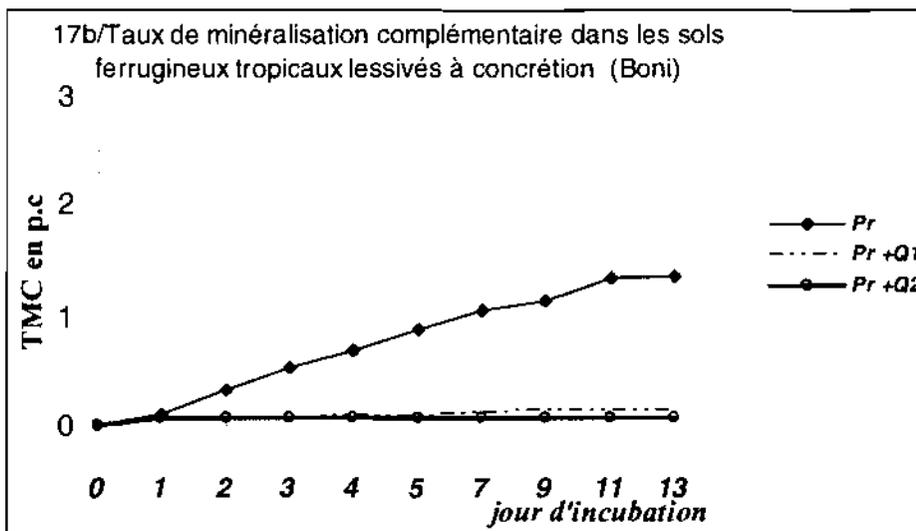
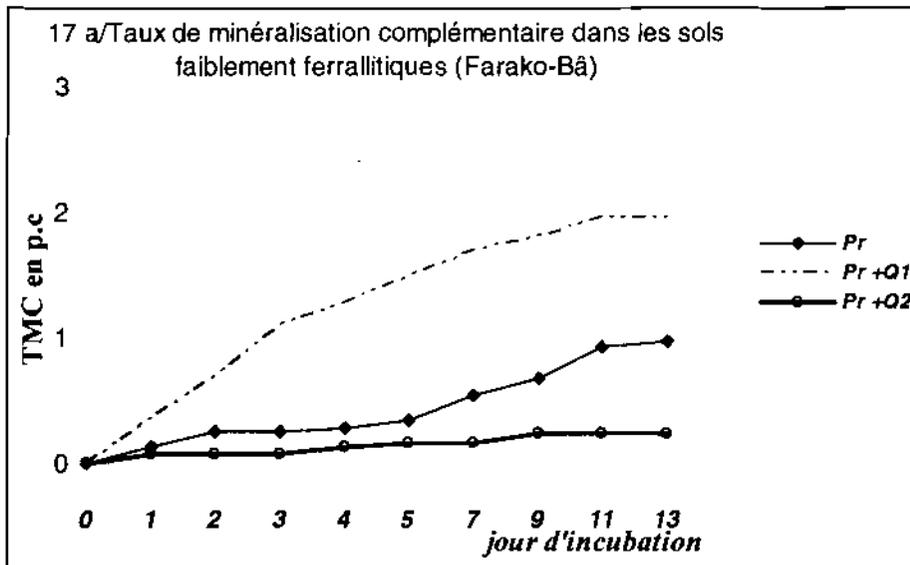


Figure 16 : Taux de minéralisation complémentaire des sols en présence de l'Endosulfan et des apports organiques



. Figure 17 : Taux de minéralisation complémentaire dans en présence du Profénofos et en fonction des apports organiques

L'analyse du cumul du taux de minéralisation complémentaire en fin d'incubation (tableau 13), indique que le carbone supplémentaire minéralisé dans les sols est généralement faible en sols brun eutrophes hydromorphes/ vertique (Kaibo) avec les deux types de pesticides comparativement aux autres sols. On aussi remarquer que de façon générale, le carbone supplémentaire minéralisé est important en présence du Profénofos.

Tableau 13 : Cumul du taux de minéralisation complémentaire (TMC) du carbone des sols sous l'effet des pesticides au 13^{ème} jour d'incubation.

sols	TMC (%)	
	Endosulfan	Profénofos
Kaibo	0,223 ^a	0,553 ^a
Farako Bâ	0,259 ^b	1,063 ^b
Boni	0,353 ^c	0,521 ^a
ddl	2	2
Signification	THS	THS

NB : Test Student Newman Keuls au seuil de 5%. La différence n'est pas significative entre les valeurs affectées d'une même lettre dans une colonne

La comparaison du taux de minéralisation complémentaire par rapport aux traitements (Tableau 14) montre qu'en présence d'Endosulfan, les carbone supplémentaires minéralisé aussi bien dans les sols amendés et non amendés sont identiques statistiquement. Cependant en présence de Profénofos l'amendement simple présente un meilleur taux de minéralisation du carbone supplémentaire. Aussi le carbone supplémentaire minéralisé est important en présence du profénofos.

Tableau 14 : Cumul du taux de minéralisation complémentaire (TMC) du carbone en fonction des traitements au 13ème jour d'incubation)

sols	TMC	
	Endosulfan (%)	Profénofos (%)
Pesticide	0,297 ^a	0,883 ^b
Pesticide +Q1	0,275 ^a	1,072 ^c
Pesticide + Q2	0,263 ^a	0,182 ^a
ddl	2	2

NB : Test Student Newman Keuls au seuil de 5%. La différence n'est pas significative entre les valeurs affectées d'une même lettre dans une colonne

3-2-Discussion

Les résultats obtenus dans cette partie de notre travail ont permis d'avoir une idée de l'activité biologique des sols en fonction des apports organiques sous l'effet de deux types de pesticides.

D'une façon générale, les productions cumulées du gaz carbonique CO₂ montrent que les sols ferrugineux tropicaux lessivés produisent des quantités importantes de gaz carbonique suivit dans l'ordre par les sols brun eutrophes hydromorphes/ vertiques (Kaibo), et enfin les sols ferrallitiques (Farako-Bâ). Les tendances de la production cumulée de CO₂ pourraient s'expliquer par la teneur en carbone des sols. Les études antérieures avaient montré qu'il y avait une forte corrélation entre le carbone total du sol et la production du gaz carbonique (SEDOGO, 1993 ; BILGO, 2005). La caractérisation chimique des sols a effectivement révélé que les sols de Boni (FLTC) étaient plus riches en carbone total (11,25 g/Kg de sol sec), suivent dans l'ordre les sols bruns eutrophes (9,69 g/kg de sols sec) et enfin les sols faiblement ferrallitiques de Farako-Bâ (5,24 g/kg de sols sec).

De façon générale, les apports organiques dans les sols ont induit des quantités cumulées de CO₂ plus importantes comparativement aux sols non amendés (sols pollués et témoins). Mais les témoins et les sols pollués sans amendement ne sont pas significativement différents la plupart du temps. Ce qui semble montrer que les pesticides n'ont pas eu d'effet sur l'activité biologique. Toutefois cette absence de modification de l'activité respiratoire ne signifie pas nécessairement une indifférence vis-à-vis des pesticides. En effet, selon COLUMA (1977) ce phénomène est sous le contrôle de plusieurs facteurs telles la nature des sols, la composition de la microflore, les formules chimiques et les doses des pesticides. C'est pourquoi les résultats obtenus doivent être interprétés avec beaucoup de prudence.

Cependant les données des taux de minéralisation globale donnent une autre tendance. Ces taux de minéralisation globale renseignent sur la vitesse de minéralisation des sols. En effet, les sols brun eutrophes (Kaibo) qui sont des sols lourds ont généralement un taux de minéralisation globale faible quelle que soit la nature des pesticides comparativement aux autres sols.

De cette étude menée au laboratoire, nous pouvons retenir que la matière organique endogène ou d'origine exogène est décomposée par les micro-organismes en présence de Profénofos ou

De cette étude menée au laboratoire, nous pouvons retenir que la matière organique endogène ou d'origine exogène est décomposée par les micro-organismes en présence de Profénofos ou de l'Endosulfan. La dose de pesticide appliquée pendant l'expérimentation qui est voisine de celle utilisée en milieu réel dans la protection des végétaux contre les ravageurs, ne semble pas avoir une incidence négative sur l'activité de la microflore. En effet les doses de pesticides utilisées pourraient être en deçà de la dose nécessaire (dose létale) pour inhiber cette population microbienne des différents sols.

Les mesures des taux de minéralisation complémentaire ont été inspirées des études réalisées sur la biodégradation de divers substrats organiques dans les sols (SEDOGO, 1993) d'une part et de celles de la biodégradation d'insecticides par des cultures bactériennes (Savadogo et al, 1999) d'autre part. Dans cette partie de notre travail, elles avaient pour but de tester à court terme, l'aptitude des sols à la biodégradation d'un organochloré et d'un organophosphoré sous l'effet des apports organiques comparativement à la matière organique endogène des sols. Des études antérieures avaient montré que les substances organiques pouvaient être minéralisés par les microorganismes du sol et que la nature et la proportion des produits finaux dépendaient du métabolisme suivi (SHELTON et TIEDJE, 1984). Dans le cas de biodégradation anaérobie, les produits finaux sont le CO₂, le méthane (CH₄), le NH₄, le H₂O, le soufre tandis qu'en aérobiose, on obtient le CO₂, le H₂O, le NO₃, le SO₄⁻.

L'évolution des taux de minéralisation complémentaire dans les sols incubés a présenté trois phases; une phase de latence dont la durée varie en fonction des sols et des traitements, une phase de dégradation rapide et une phase de plateau. Ces tendances sont similaires aux observations antérieures obtenues au cours des études portant sur la biodégradation des pesticides, du glucose (COLUMA, 1977, DOMMARGUES et MANGENOT, 1970 cités par SEDOGO, 1993 ; SEDOGO, 1993 et LOMPO, 1993).

Selon ces auteurs la phase de latence correspondrait à une phase d'adaptation des microorganismes aux substrats par une synthèse de l'enzyme spécifique du substrat, et à une phase de multiplication des microorganismes ou germes capables de dégrader le substrat dans le sol. La phase de croissance rapide correspondrait à une minéralisation des composés introduits ou néoformés.

L'étude comparative du taux de minéralisation complémentaire dans les sols en présence des pesticides pourrait donner une idée de la dynamique des deux types de pesticides (tableau 13).

L'activité biologique dans les sols induit un taux de minéralisation complémentaire significativement plus important en présence de profénofos par rapport à l'Endosulfan. Ceci pourrait s'expliquer par la nature chimique des pesticides. Des études antérieures ont montré que la famille de l'Endosulfan, les organochlorés présentent des liaisons chlore -carbone non physiologiques et ne sont dégradés que très lentement (PAN/CTA). Selon PESTICIDES MANUAL, 2000), la demie vie de l'Endosulfan dans le sol varie de 2 à 6 mois contre 2 à 12 semaines pour le profénofos.

CONCLUSION GENERALE

L'importance économique de la culture cotonnière a entraîné une extension des superficies exploitées du quart (LENDRES, 1992) au deux tiers du territoire national (SCHWARTZ, 1996). Cela s'est fait conjointement avec l'utilisation abondante des produits phytosanitaires en l'occurrence les pesticides dont les interactions avec le sol peuvent se situer à plusieurs niveaux : une inhibition de l'activité microbienne, ce qui se traduit par une baisse indéniable de la fertilité des sols ou alors les populations microbiennes du sol utilisent ces substances organiques comme source supplémentaire de carbone.

Les analyses des pesticides dans les échantillons de sol prélevés sur les dispositifs expérimentaux ont montré que de façon générale, les sols étaient contaminés par des pesticides de la famille des organochlorés particulièrement l'Endosulfan dont la teneur dans les sols varient de 0,005 à 0,378 mg/ kg de sol. D'autres organochlorés classés parmi les polluants organiques ont été identifiés à des teneurs relativement faibles dans l'ensemble des sols. Il s'agit principalement de la Dieldrine.

Les données en milieu réel ont par ailleurs montré que les pesticides utilisés pendant la campagne 2003-2004 en l'occurrence la Cyperméthrine ont été entièrement dégradé dans l'ensemble des sols. Toutefois il est important de signaler que le profénofos et le triazophos n'ont pu être dosés.

Les tests respirométriques réalisés sur les sols avec deux pesticides de famille différente et deux niveaux d'apports organiques ont permis d'avoir une meilleure connaissance des interactions pesticide-activité biologique. En effet les résultats sur le CO₂ cumulé ont montré que l'activité biologique se poursuit aussi bien dans les sols témoins que les sols pollués artificiellement avec ou sans apports organiques. Ces résultats obtenus à court terme ne permettent pas de bien situer l'effet des pesticides sur la population microbienne. Une étude menée à long terme pourrait approfondir ces aspects.

Les extractions des pesticides dans les sols telle qu'elle a été menée dans cette étude avec des échantillons de sols humidifiés sont une première au Burkina Faso. Elle a permis d'aborder la question d'humidité dans la méthodologie. Afin de situer l'importance de l'humidité sur

l'efficacité de l'extraction, il serait intéressant de mener des études comparatives entre la méthodologie actuelle qui nécessite une correction des résultats par le taux d'humidité et la méthodologie proposée qui consiste à sécher d'abord les échantillons de sols sans pour autant détruire les pesticides et à les extraire par la suite. La méthode azéotrope pourrait être utilisée. En effet il s'agit de mettre le sol frais et du toluène dans un ballon que l'on place dans un rotavapoteur et ainsi, la perte du toluène par évaporation permet d'éliminer l'eau du sol.

Aussi nous convenons que la question liée à la modification du protocole d'extraction qui a consisté à une réduction du volume au 1/5 des solvants utilisés dans l'extraction des pesticides proportionnellement à la quantité de sol devrait être plus approfondie car son intérêt se situe à plusieurs niveaux :

- ✓ la manipulation facile des échantillons des sols au cours de l'extraction ;
- ✓ la réduction des coûts des solvants qui ont effectivement constitué l'une des difficultés de notre étude. Ainsi, la taille des échantillons pourrait être modifiée pour une meilleure interprétation des résultats.

Cette étude pourrait être approfondie et complétée par :

- ✓ la caractérisation des microorganismes impliqués dans la biodégradation des pesticides (Isolement et identification) ;
- ✓ l'étude des effets des pesticides (herbicides, fongicides) sur l'activité biologique des sols.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AFNOR, 1985.** Analyse des eaux naturelles. Edition Masson. Paris, France 545 pp.
- ALBANIS T., 1998.** Mouvement of méthyl parathion, lindane and Atrazine through lysimeters in field conditions. *Toxicol. Environ. Chem.*, v.17. pp 35-45
- BACYE, B. et MOREAU R., 2000.** Evolution du statut organique et du pouvoir minéralisateur des sols cultivés dans une région semi-aride (Province du Yatenga au Burkina Faso). Actes du premier. Colloque international. Ouagadougou du 6-10 Déc 1996. 219-225
- BILGO A., 2005.** Statut organo -minéral et biologique des sols dans les systèmes culture-jachere naturelle de courte durée ou améliorée à *Angropogon gayanus* en zone sud soudanienne du Burkina Faso. Thèse de Doct. UFR/SVT. Université de Ouagadougou, 188 pp.
- BLAIR A.M., MARTIN T.D., WALBER A. and WELCH S.J., 1990.** Measurement and prediction of isoproturon movement and persistence in three soils. *Crop Protection*, V.9. pp 289-294.
- BOSERET J-PH., 2000.** Pollution des sols : les pesticides [http : // w.w.w.geocities.com/boss_be_99/pesticides.htm](http://w.w.w.geocities.com/boss_be_99/pesticides.htm)
- BUNASOLS, 1990.** Manuel d'évaluation des terres document technique pages 110-118.
- BUREAU DES PESTICIDES, 1998.** Direction des protections végétales. Ministère de l'agriculture de Ouagadougou.
- Calvet R. , BARIUSO E., SCHIAVENET M. et SOULAS G ., 1996.** Les pesticides et les polluants organiques des sols- transformation et dissipation forum. « Le sol, un patrimoine menacé ? »Paris.
- CILSS, 1999.** Réglementation commune aux Etats membres du CILSS sur l'homologation des pesticides, version révisée, décembre 1999. 28pp.
- CISSE L., 1985.** Etude des effets des apports organiques sur les bilans hydriques et minéraux et la production du mil et de l'arachide sur un sol sableux dégradé du Centre-Nord du Sénégal. Thèse de Doct. en sciences agronomiques.

COLUMA, ACTA, 1977. Les herbicides et le sol. 131 Pages.

COULIBALY, K., SMITH J. S., 1990. Thermostability of organophosphate pesticides and some of their major metabolites and beef muscle. *J. Agric. Food chem.* 38 : 674-677

DEOUX, S. et DEOUX P., 1993. L'écologie, c'est la santé, éd. Sciences et culture inc. 5090 de Bellechass Montréal (Québec). 539 p

DIRECTION DE LA PROTECTION DES VEGETAUX -COOPERATION CANADIENNE (DPV), 1995. Guide de gestion phytosanitaire des cultures au Burkina Faso.

ETO M., 1974. « Chemical reaction ». In organophosphorus pesticides : Organic and biological chemistry .CRC press inc. : Cleveland, Ohio. Chapter III-57-171

F.A.O, 1996. Elimination de grandes quantités de pesticides périmés dans les pays en voie de développement, collection FAO : 46 pp.

FOURNIER E. et BONDEREF J., 1983. Les produits antiparasitaires à usage agricole. Conditions d'utilisation et toxicologie. Tec. et doc. Lavoisier, Paris, 334 pp.

FOURNIER J., 1988. Chimie des pesticides, Cultures et Techniques. ACTA (Agence de Coopération Culturelles et Technique). 13, quai André Citroën, 75015 Paris, 351pp.

GUILLOBEZ S., 1985. Carte des milieux naturels du Burkina Faso, esquisse physiographique .Carte au 1/1 000 000, IRAT, Montpellier.

GUINKO S., 1984. Contribution à l'étude la végétation et de la flore du Burkina Faso (ex Haute- Volta) thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles, Université de Bordeaux III, 318 pp.

HIEN V., 1990. Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferralitique du Burkina Faso. Thèse de doctorat INPL Nancy 149 pages.

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 pp.

INSTITUT DU SAHEL, 2000. Les pesticides au sahel ; utilisation, impact et alternatives
124 pp.

JENNY F., 1964. Etude graphologiquement des stations de Saria et de Farako-Bâ. Rapport
IRAT/ Haute-Volta, 144 pp.

KAMBOU G., 1993. Etude de la dégradation des herbicides dans le sol. Thèse de doctorat.
(traduction en français) Institut d'Agronomie de Stavropol, Russie. 27 pp.

LENDRES P., 1992. Pratiques paysannes et utilisation des intrants en culture cotonnière au
Burkina Faso. Mémoire de fin d'études, présenté en vue de l'obtention du diplôme
d'Ingénieur en agronomie tropicale su CNEARC Montpellier, 82pp.

LOMPO F., 1993. Contribution à la valorisation des phosphates naturels du Burkina Faso :
études des effets de l'interaction phosphates naturels- matières organiques. Thèse Docteur
Ingénieur. Université nationale de Côte d' Ivoire. 249pp. Mémoire d'Ingénieur du
Développement Rural, IDR Université de Ouagadougou.

MARTENS R., 1976. Degradation of [8,9-¹⁴ C Endosulfan by soil microorganisms. Applied
and Environmental Microbiologie. P-853 _ 859 vol.31, N° 6.

MOREL J. L., 1977. Contribution à l'étude des boues résiduaires dans le sol-Thèse
Doctingénieur-I.M.P.L.153pp.

MURRAY B. and BRIDE MC., 1994. Environmental chemistry of soils. New York Oxford
University Press. 406 pp.

NANEMA C. A., 1990. Contribution à la caractérisation de la fertilité organique des sols
dans quatre zones agro-climatiques du Burkina Faso. Mémoire de fin d'étude IDR Université
de Ouagadougou 59 pp.

NASH R.G. and WOOLSON C. A., 1967. Persistence of chlorinated hydrocarbons
insecticides in soils. Science, 157 pp.

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

PAN/CTA, 1993. Pesticides et agricultures tropicales. Dangers et alternatives .Pays- Bas Pan-
cta, 281 p.

PNUD, 1998. Rapport sur le développement humain durable, Burkina Faso, 250pp.

RAMADE F., 1989. Eléments d'écologie. Ecologie appliquée. Mc Grawehill., 579pp.

RAMADE F., 1992. Précis d'écotoxicologie .Ed. Masson 300pp

ROBERT S., GAN J. and SCOTT R. Y., 2001. Effet of temperature , organic amendement
rate and moinsture content on the degradation of 1,3 dicloropropene in soil. Pest. Manag. Sci.
(USA) : pp1107-1113.

SAIVE R., 1977. Action des pesticides sur les microorganismes du sol.67 pp.

SANOU Y., 1998 .Homologation et contrôle des pesticides au Burkina Faso. Direction des de
la protection de l'environnement.

SAVADOGO W. P., 1996. Biodégradation des pesticides et polluants industriels utilisés
dans l'agriculture. DEA, université de Ouagadougou, Burkina Faso. 79 pp.

SAVADOGO W. P., 2001. Etude de la biodégradation des pesticides utilisés en agriculture
au Burkina Faso : cas particulier du Decis, de l'Ultracide et du Sumithion. Thèse de Doctorat
en Microbiologie –Université de Ouagadougou

SAVADOGO W.P., OUATTARA C.A.T. et OUATTARA AS , 1999. Biodégradation
anaérobie d'un pyréthrénoïde de synthèse et d'insecticides organophosphorés par des cultures
bactériennes mixtes non-définies. Revue sciences et techniques du CNRST, Sciences
Naturelles, vol.23. pp. 15-24

SCHWARTZ A., 1996 : Pratiques paysannes et gestion de la fertilité des terres sur les
exploitations cotonnières dans l'Ouest du Burkina Faso. Mémoires ORSTOM. 20pp.

SEDOGO P. M., 1981. Contribution à l'étude de la valorisation des résidus culturaux en sol
ferrugineux et sous climat tropical semi-aride. Matière organique du sol, nutrition azotée des
cultures. Thèse Docteur Ingénieur, INPL NANCY. 135pp.

SEDOGO P.M., 1989. Contribution à la valorisation des résidus culturaux en sols ferrugineux et sous climat tropical semi-aride (matière organique du sol et nutrition azotée des cultures). INPL Nancy.

SEDOGO P.M., 1993. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse doctorat, Université nationale de côte d'ivoire. 329pp.

TAPSOBA H., 2003. Evaluation de la pollution des eaux brutes de l'O.N. E .A par les pesticides. Mémoire D. E. S. S. Université de Ouagadougou, 39 pp.

THE PESTICIDES MANUAL, 2000. The pesticides Manual, British crop protection council, editor C.D.S. Tomlin, 12th edition United Kingdom.

TOE A.M., 1994. Dégradation du Pentachlorophénol par les micromyces. Etude particulière des Deutoromyces . Thèse de Doctorat. Université Joseph Fournier Grenoble I. 156 pages.

TOE A.M., DOMO Y., HEMA S.A.O . et 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, Etude et Recherches n°4 -5 Janvier – Décembre 2000, les pesticides au sahel : utilisation, impact et alternatives pp 39-48

TOE, A., M.L., KINANE , KONE S. et 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 productions animales. Vol N°364. Université de Ouagadougou- CE PAPE. Rapport sur l'Etat de contamination des sols et des eaux.

VAN DER VALK H. and DIARRA A., 2000. Pesticide use and management in the African Sahel-An overview. Etudes et Recherches Sahéliennes numéro 4-5 Janvier-Décembre 2000, pp13-27. Numéro spécial. Les pesticides au Sahel. Utilisation, Impact et Alternatives.

WALKLEY, A., BLACK J. A., 1934. An examination of the Detjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromatic acid titration method. Soil Science pp 37, 29-38.

Annexe 1 : Liste des polluants organiques persistants

Liste des produits organiques persistants POPs			
pesticides		Produits chimiques	Sous produits involontaires
Aldrine	Endrine	Hexachlorobenzène	dioxines
chlordane	Heptachlore	Polychlorobiphényles	furannes
DDT(dichloro-diphényl-dichloroéthane)	Chlorodiméforme (Mirex)	(PCB)	
Dieldrine	Toxaphène		

Annexe 2 : Classification des toxicités des produits phytosanitaires selon l'OMS pour leur toxicité

Classe	Mention correspondante	DL ₅₀ aiguë mg/kg de poids corporel (rat)		
		Oral		Dermique
		Solide	Liquide	Solide
Ia	Extrêmement dangereux « très toxique »	5 ou moins	20 ou moins	10 ou moins
Ib	Très dangereux « toxique »	5-50	20-200	10-100
II	Modérément dangereux « nocifs »	50-500	200-2000	100-1000
III	Peu dangereux « attention »	Plus de 500	Plus de 2000	Plus de 1000

Source : pesticide MANUAL 2000

Annexe 3 : TRAITEMENTS INSECTICIDES :

A partir du **15^{ème}** jour après la levée et jusqu'au **43^{ème} jour**: traiter les parcelles **PP** toutes les semaines de façon alternative avec le CALFOS 500 EC (à 15, 29 et 43 jours après levée) et le SHERPHOS 230 EC (22 et 36 jal) ;

Du **50^{ème} au 64^{ème}** jour après la levée: traiter en même temps les parcelles **PP** et **PS** tous les **15 jours** (à 50 et 64 jours), avec le CALFOS 500 EC;

Au **57^{ème}** jour, traiter uniquement les parcelles **PP** avec le SHERPHOS 230 EC;

A partir du **78^{ème}** jour après la levée : traiter en même temps les parcelles **PP** et **PS** tous les 15 jours (78, 92 et éventuellement 106 jours) avec la SHERPHOS 230 EC

Entre 2 traitements communs, traiter uniquement les parcelles PP (à 71, 85, 99 et éventuellement 113 jours) avec le SHERPHOS 230 EC;

Les traitements à 106 et 113 jours ne seront réalisés que si de nombreuses capsules vertes sont encore présentes.

FICHE : PROGRAMME DE TRAITEMENT

OBJETS	Jours après levée	Produits commerciaux	Superficie traitée (m ²)	Quantité de produits à prélever	Quantité d'eau à prélever	Date prévue	Date réelle
PP	15	CALFOS 500 EC	640	70,4cc	09 l		
	22	SHERPHOS 230 EC	640	70,4cc	09 l		
	29	CALFOS 500 EC	640	70,4cc	09 l		
	36	SHERPHOS 230 EC	640	70,4cc	09 l		
	43	CALFOS 500 EC	640	70,4cc	09 l		
PP et PS	50	CALFOS 500 EC	640	70,4 cc	09 l		
			640	70,4 cc	09 l		
PP	57	SHERPHOS 230 EC	640	70,4cc	09 l		
PP et PS	64	CALFOS 500 EC	640	70,4 cc	09 l		
			640	70,4 cc	09 l		
PP	71	SHERPHOS 230 EC	640	70,4cc	09 l		
PP et PS	78	SHERPHOS 230 EC	640	70,4 cc	09 l		
			640	70,4 cc	09 l		
PP	85	SHERPHOS 230 EC	640	70,4cc	09 l		
PP et PS	92	SHERPHOS 230 EC	640	70,4 cc	09 l		
			640	70,4 cc	09 l		
PP	99	SHERPHOS 230 EC	640	70,4cc	09 l		
PP et PS	106	SHERPHOS 230 EC	640	70,4 cc	09 l		
			640	70,4 cc	09 l		
PP	113	SHERPHOS 230 EC	640	70,4cc	09 l		

Source : IN.E.R.A 2005

Annexe 4 : Description des profils pédologiques des sols des sites d'étude

1-Site de Farako- Bâ : sols ferrallitiques faiblement désaturés en (B) typique induré

Ces types de sols sont généralement rencontrés dans la région de Bobo-Dioulasso (Jenny, 1969 et Atlas Jeune Afrique, 1998) et représentent environ 3% des sols du Burkina Faso. Les sols sont situés sur un glacis de pente moyenne avec une topographie environnante quasi-plate.

Il y a épandage de quelques graviers ferrugineux sur les parcelles où les traces d'érosion ne sont pas évidentes. Le drainage est normal.

Le profil décrit présente les caractéristiques suivantes :

- horizon 0-10 cm : C'est l'horizon travaillé (AP), il a une couleur brun clair (10Y/ R 6/3) à l'état sec et brun foncé (10Y/R 4/4) à l'état humide. La texture est sablo limoneuse avec de nombreux graviers ferrugineux (25%), et la structure est massive. La consistance de ce premier horizon est peu dure et on y retrouve de nombreuses racines très fines et fines ; la porosité est très élevée et l'activité biologique est bien développée

- horizon 10-26 cm : de couleur brun jaunâtre (10Y/R 5/4) à l'état sec et brun jaunâtre foncé (10Y/R 4/4) à l'état humide, cette couche présente les mêmes caractéristiques morphologiques que la précédente mais la consistance est dure, les racines et les pores sont moins présentes et l'activité biologique moins bien marquée.
- Horizon 26-42 cm : c'est un horizon gravillonnaire de couleur d'ensemble brun clair (7,5Y/R 6/4) à l'état sec et brun vif (7,5Y/R 4/6) à l'état humide. La texture est argilo limoneuse ; les racines sont assez nombreuses et très fines ; l'activité biologique y est bien marquée.
- Horizon 42-54 cm : c'est une carapace creusée de couleur d'ensemble rouge (2,5 Y/R 4/8) à l'état sec.
- Horizons 54-118 cm et 118-153 cm: ce sont aussi des carapaces creusées de couleur d'ensemble rouge (2,5 Y/R 4/8) à l'état sec et brun très pâle (10Y/R 7/4) à l'état humide mais la dernière est bariolée à sec et a une consistance plus dure.
- Horizon 153-200 cm : c'est une couche d'altérite et de débris de grès.

2-Site de Boni : Sols ferrugineux tropicaux lessivés à concrétion (F. L. T. C)

Ces sols sont rencontrés dans la ferme de Recherche de la SOFITEX à Boni sur un glacis de pente moyenne; le village est situé à environ une vingtaine de kilomètres au nord-est de Houndé (chef lieu de la province de tuy)

Leur topographie est plate avec un épandage de graviers ferrugineux et des cailloux de quartz en surface, et le drainage est normal.

On y pratique la culture cotonnière sous parc à *Butyrospermum Parkii* et le pâturage après les récoltes.

Le profil de sol a les caractéristiques ci-dessous :

- Horizon 0-17 cm : c' est une couche gravillonnaire de couleur brune (10Y/R5/4) à l'état sec et brun foncé (10Y/R 4/4) à l'état humide avec une terre fine de texture limono argilo- sableuse. Le sol est meuble avec de nombreuses racines très fines mais l'activité biologique y est peu développée
- Horizon 17-45 cm : la couleur est jaune rougeâtre (7,5 Y/R6/6) à l'état sec et brun vif (7,5Y/R 5/6 - 7,5Y/R 5/8) à l'état humide et la texture est argilo limoneuse. La charge graveleuse est élevée avec 40% de concrétions ferrugineuses et de débris de quartz. L'activité biologique est développée et on trouve des racines très fines peu nombreuses.
- Les trois derniers horizons sont des couches d'altérite graveleux à cailloux de quartz dont la teneur augmente avec la profondeur. Mais ces horizons diffèrent par leur couleur d'ensemble : Une couleur jaune rougeâtre (7,5 Y/R6/6) à l'état sec et brun vif (7,5Y/R 5/6) à l'état humide pour l' Horizon 45-87 cm , une couleur grise (7,5 Y/R 6/0) pour l' Horizon 87-134 cm et une couleur jaune brunâtre 10Y/R 6/8 pou le tout dernier (134-200 cm) qui est plus tendre.
- L'enracinement sur ces couches est nul et l'activité biologique n'est pas évidente. Les limites entre les horizons sont distinctes.

3-: Site de Kaibo : Sols brun peu évolué à brun eutrophe hydromorphe vertique (B. P. E/ B. E. H. V)

Ces sols sont rencontrés dans la région de Manga (province du Zoundwéogo), précisément dans le village de kaibo Nord V2 sur un glacis de pente moyenne avec une microtopographie environnante quasi-plate. Ils ont leur surface parsemée de quelques graviers et cailloux de quartz (5-10 %), la culture cotonnière y est pratiquée.

Le profil des sols est complexe, en effet les cotés Sud Est au Sud Ouest présentent les mêmes caractéristiquement et différent du coté Est et Ouest. La description du profil a été faite suivant ces différences.

Les cotés Sud Est au Sud Ouest présentent les caractéristiques suivantes :

- Horizon 0-17 cm : La couleur est brun foncé (10Y/R 3/3) à l'état sec, et brun très foncé (10Y/R 2/2) à l'état humide. La texture de ce premier horizon est argilo limoneuse avec 2-3% de graviers ferrugineux ; la structure est prismatique à sub-angulaire .il y a quelques faces de pressions et d'assez nombreux pores très fins , fins et moyens. Les racines rencontrées sont très fines et peu nombreuses, l'activité biologique est bien développée mais la consistance est dure.
- Horizon 17-38 cm : il est gravillonnaire à tendance graveleuse de couleur d'ensemble brun foncé (10Y/R 4/3) à l'état sec, l'activité biologique y est bien marquée mais les racines sont rares.
- Horizon 38-60 cm : il présente les mêmes caractéristiques que le précédant mais la charge graveleuse est peu élevée et discontinue, l'activité biologique y est moins développée aussi.
- Horizon 60-90 cm : c'est un horizon graveleux discontinu, la terre fine est argileuse, les racines y sont absentes et l'activité biologique est peu développée.
- Horizon 90-100 cm : c'est une ceinture de gravier « stone line » selon les anglo-saxons
- Horizon 100-119 cm : la couleur est brun rougeâtre à l'état sec ; la texture est argileuse avec 5-7 % de graviers ferrugineux. Il y a de nombreuses faces de glissement et de nombreux pores très fins, fins , moyens et larges. L'activité biologique est peu marquée.
- Horizon 119-200 cm : la couleur est brun rougeâtre (2,5Y/R 4/4) à l'état sec, la texture est argileuse avec 5-7 % de graviers ferrugineux; la structure est polyédrique angulaire de consistance dure. On y retrouve de nombreuses faces de glissement, de nombreux pores à dominance très fins, l'activité biologique est peu marquée mais il n'y a pas de racines dans cet horizon.

Les cotés Est et Ouest du profil ont les caractéristiques ci-dessous :

- Horizon 0-17 cm : C'est le même que celui des Cotés Sud Est au Sud Ouest
- Horizon 17-30 cm : la couleur est brun (2,5 Y/R 4/2) à l'état sec ; la texture est argileuse avec quelques ferrugineux de quartz. La structure est bien développée. Il y a

de nombreux pores et des faces de glissement ; l'activité biologique y est peu marquée.

- Horizon 30-60 cm : cet horizon est semblable au dernier horizon du côté Sud Est au Sud Ouest.
- Horizon 30-60cm est une altérite de roche plus ou moins feuilletée, de couleur d'ensemble 7,5 Y/R 5/0 ; la structure est bien développée.
- Le dernier horizon est une roche fissurée altérée de couleur d'ensemble 7,5 YR 4/.0

Annexe 6: Pesticides testés au laboratoire

Annexe 6 a : Quelques caractéristiques physiques des pesticides sont résumées dans le tableau

Matières actives	profénofos	Cyperméthrine	Endosulfan	triazophos
Couleur	Jaune pale liquide	Jaunâtre	beige	Jaune claire
Masse molaire(g)	373,6	416,3	406,9	313g
Point de fusion	100°C	inflammable	-	0-5°C
Kow logP	4,44	6,6	-	3,34
Constante d'Henry (Pa .m ³ mol ⁻¹)	1,65 10 ⁻³	2.10 ²	Alpha (1,48) Beta (0,07)	-
stabilité	La demi vie dans les champs :une semaine	DT ₅₀ dans les champs 60 jours. dissipation et dégradation	Stable à la lumière.	Demi-vie en aerobie 6-12 jours et DT ₉₀ =39-114 jours.

Source : PESTICIDES MANUAL (2000)

Annexe 6 b :

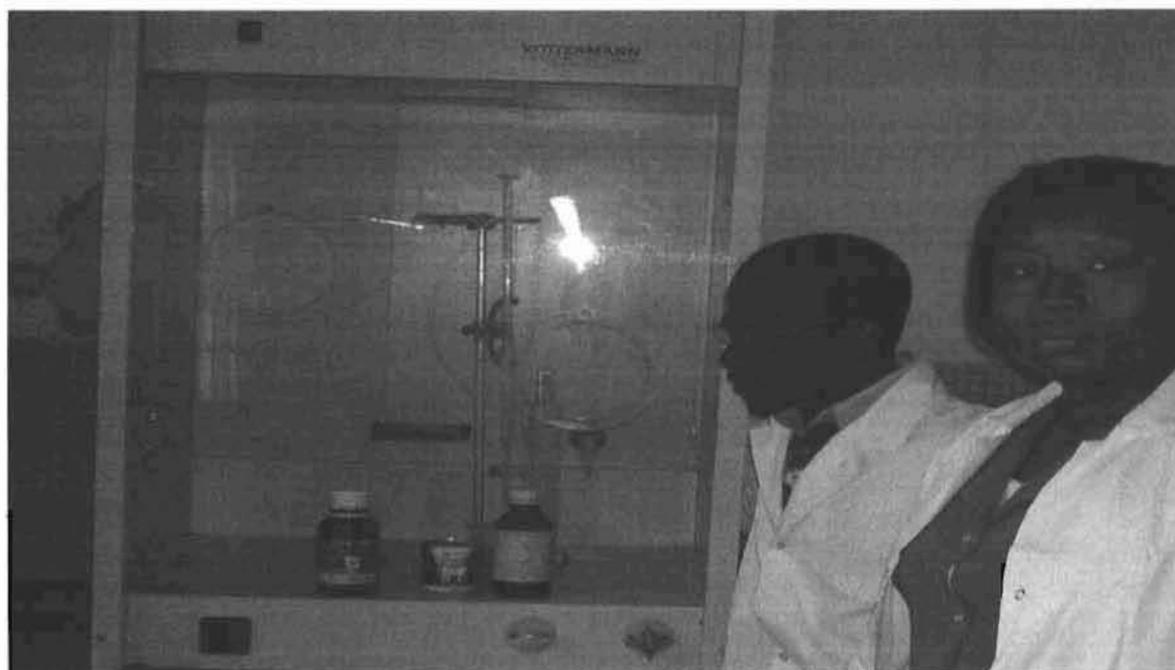


photo 5 : Pesticides testés au laboratoire

Annexe 5: profils des sols des sites d'étude



photo1 : profil du sol de Farako-Bâ



photo 2 : profil du sol de Boni



photo3 : profil du sol de Kaibo



photo 4 :profil du sol de Kaibo (vue globale)