

Influence de la Température et des Apports de Matière Organique sur la Dégradation de l'Endosulfan dans trois types de Sols de la Zone Cotonnière du Burkina Faso

Paul W. Savadogo^{1*}, François Lompo¹, Yvonne L. Bonzi-Coulibaly², Alfred S. Traoré³ et Sedogo P. Michel¹

¹*Laboratoire Sol-Eau-Plante. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA). 01 BP 476 Ouagadougou 01. Burkina Faso. Tel: (+226) 50 31 92 08 ; Fax : (+226) 50 30 02 71*

²*Laboratoire de Chimie Organique : Structure et Réactivité. Université de Ouagadougou, UFR-SEA, 03 BP 7021 Ouagadougou 03, Burkina Faso.*

³*Centre de Recherche en Sciences Biologiques, Alimentaires et Nutritionnelles, UFR-SVT, Université de Ouagadougou, 03 BP 7131 Ouagadougou 03, Burkina Faso. Tel/Fax : (+226) 50 31 73 73*

(Reçu le 10/03/2008 – Accepté après corrections le 23/08/2008)

Résumé

Une étude visant à montrer l'influence de la température et de la matière organique sur l'élimination de l'endosulfan (un pesticide organochloré) dans trois types de sols du Burkina Faso a été menée en microcosme au laboratoire. Comparée aux sols ferrallitiques, la vitesse de dégradation de l'endosulfan était 58 et 63 fois plus élevée respectivement dans les sols de type ferrugineux et les vertisols. Les résultats ont également montré que la vitesse de dégradation de l'endosulfan dans le sol augmente avec la température. L'apport de matière organique permet d'accélérer la dégradation du pesticide dans le sol. La combinaison de la température et de la matière organique serait un bon moyen pour la biorémediation des sols pollués par les résidus d'endosulfan.

Mots-clés : endosulfan, zone cotonnière, matière organique, sol, pesticide.

Summary

A study on the effect of temperature and organic matter on the elimination of endosulfan (an organochlorine pesticide) in three types of soil of Burkina Faso was carried out in microcosm in the laboratory conditions. Compared to the ferralitic soil, the degradation speed of endosulfan was 58 and 63 times higher respectively in the ferruginous soil and in the vertisol. The results also showed that the speed of endosulfan degradation in the soil increased with the temperature. Adding organic matter to the soil accelerated the pesticide degradation speed. The combination of temperature and organic matter would be a good mean for the bioremediation of endosulfan polluted soils.

Key-words: endosulfan, cotton belt, organic matter, soil, pesticide.

* Auteur de toute correspondance : paul.savadogo@univ-ouaga.bf

1-Introduction

La culture du coton est pratiquée sur une superficie d'environ 70 000 km² au Burkina Faso et couvre le quart du territoire national. ^[1] Le développement de la culture du coton s'est fait conjointement avec l'introduction d'innovations comme l'utilisation d'engrais chimiques, de semences améliorées et surtout de pesticides. Depuis 2005 plus de 2,5 millions de litres de pesticides sont utilisés chaque année dans l'agriculture au Burkina Faso, essentiellement pour la culture du coton et de la canne à sucre. Les bonnes pratiques agricoles en matière d'utilisation des pesticides ne sont pas souvent respectées. ^[2] Ainsi, le surdosage et l'utilisation répétée de certains pesticides entraînent un risque important de formation des zones d'accumulation au niveau du sol. ^[3,4] Le sol constitue un compartiment important dans la dégradation des pesticides et pourrait contribuer à réduire la pollution des eaux en éliminant les résidus de pesticides qui s'y fixent après les traitements. La température, l'humidité, la lumière, la nature du sol ainsi que la nature du pesticide influencent la dégradation des pesticides. ^[4,5] Au Burkina Faso, les études effectuées sur l'impact environnemental des pesticides se sont surtout penchées sur la contamination des eaux et des sols par les pesticides. ^[6,7] Quelques rares études ont été réalisées sur la dégradation des pesticides dans le sol. ^[7,8] La présente étude a abordé les aptitudes des sols de la zone cotonnière du Burkina Faso à dégrader l'endosulfan, un pesticide couramment utilisé en agriculture. L'étude s'est intéressée au rôle de la température et de la matière organique dans la dégradation de l'endosulfan dans trois différents types de sols.

2- Matériels et Méthodes

2.1- Sites de l'étude

Les sols utilisés pour l'expérimentation ont été prélevés sur l'horizon 0-20 cm dans les sites des stations expérimentales de l'INERA (Farakoba, Boni et Kaïbo) en octobre 2006. Les coordonnées géographiques sont de 11°06' latitude nord et 4°20' longitude ouest pour le site de Farakoba, de 11°35' latitude nord et 3°26' longitude ouest pour le site de Boni et de 11°49' latitude nord et 1°00' longitude ouest pour le site de Kaïbo.

2.2- Molécules de pesticides testés

Une formulation de pesticide provenant de la firme Calliope (France) a été utilisée. Il s'agit du Rocky C 536 EC contenant 500 g/L d'endosulfan et 36 g/L de Cyperméthrine. L'étude s'est intéressée à la dégradation de l'endosulfan dans le sol. L'endosulfan (C₉H₆Cl₆O₃S) est un organochloré qui fait partie du groupe des sulfites. Il est utilisé comme insecticide dans la culture du cotonnier pour le contrôle des lépidoptères. Il est caractérisé par une toxicité et une persistance élevée dans le sol.

2.3- Les dispositifs expérimentaux

Influence de la température sur la dégradation de l'endosulfan dans le sol

L'étude a été réalisée avec trois types de sols (sol de Farakoba, sol de Boni et sol de Kaïbo). Le dispositif expérimental a consisté à placer 150 g de sol broyé et tamisé à 2 mm dans un pot plastique de 200 ml. Le sol est ensuite humidifié aux 4/9 de la capacité maximale de rétention puis le pesticide à tester est apporté à raison de 10 mg/kg de sol sec. Les pots sont recouverts de papier parafilm afin d'atténuer les pertes d'humidité et l'ensemble est mis à incuber à trois températures (28°C, 33°C et 40°C) dans des étuves. Chaque traitement a été

réalisé en triplicata. Des échantillons de sol ont été prélevés à 0 ; 5 ; 15 et 25 jours d'incubation et conservés à -20°C jusqu'à l'analyse de l'endosulfan.

Influence des amendements organiques sur l'élimination de l'endosulfan dans le sol

Le même dispositif expérimental tel que décrit précédemment a été utilisé. Les traitements suivants ont été appliqués:

- Traitement 1 (T1) : 3 kg de sol + 30 mg d'endosulfan
- Traitement 2 (T2) : 3 kg de sol + 30 mg d'endosulfan + 10 g de fumier de bovin
- Traitement 3 (T3) : 3 kg de sol + 30 mg d'endosulfan + 20 g de fumier de bovin.

Chaque traitement a été réalisé en triplicata. Le dosage de l'endosulfan a été effectué sur des échantillons de sol à 0 ; 5 ; 15 et 25 jours après incubation. Un témoin négatif pour le dosage de l'endosulfan est constitué avec 3 kg de sol sans pesticide ni amendement et traité de la même manière que le reste des échantillons.

2.4- Méthodes d'analyses

2.4.1- Détermination des paramètres physicochimiques des échantillons de sols

La granulométrie du sol a été déterminée par la méthode internationale de prélèvement à la pipette de Robinson basée sur le principe de sédimentation. Une prise d'essai de 25 g est au préalable traitée à l'eau oxygénée au bain-marie pour la destruction de la matière organique et à l'hexamétaphosphate de sodium pour la 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.

Les pH (eau et KCl) du sol sont mesurés dans une suspension de sol/eau (1/2,5), par la méthode électrométrique au pH mètre à l'électrode de verre. La valeur du pH-KCl est déterminée après ajout de 3,79 g de KCl dans le mélange précédent et agitation pendant 30 minutes. Le dosage du carbone total et du taux de matière organique a été effectué par la méthode de Walkley-Black^[9]. L'azote et le phosphore total ont été minéralisés par la méthode de Kjeldahl et extrait après digestion à l'acide sulfurique. Le dosage de l'azote et du phosphore a ensuite été effectué par colorimétrie à l'aide d'un colorimètre auto-analyseur (Skalar). Les bases échangeables sont déplacées du complexe absorbant par une solution de thio-urée d'argent ($\text{Ag H}_2\text{N-CS-NH}_2$) et dosées par spectrophotométrie d'absorption atomique.

2.4.2- Extraction et dosage des pesticides
Dix (10 g) grammes de sol sec ont été introduite dans un flacon de 100 ml, puis 50 ml d'une solution mixte de solvant hexane/isopropanol (3/1) sont ajoutés. Le mélange est ensuite vigoureusement agité pendant 45 mn et laissé à décanter pendant 30 mn. Puis 10 ml de surnageant sont prélevés et introduit dans une ampoule à décanter de 500 ml contenant 15 ml d'eau distillée. Après agitation pendant 2 mn et décantation pendant 30 mn la phase organique est recueillie, séchée à l'aide du sulfate de sodium anhydre et filtrée sur papier Wattman. Les extraits de pesticides ont été conservés dans des flacons en verre à -20°C jusqu'à l'analyse. Le dosage de l'endosulfan a été réalisé à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse type HP 5890 A, équipé d'une colonne capillaire HP-5 (25 m X 0,2 mm X 0,11µm), couplé à un détecteur ECD et à un échantillonneur automatique. Le tout est piloté par un ordinateur équipé d'un

logiciel Chemstation pour la gestion des données. Les chromatogrammes sont comparés à ceux des échantillons de référence. La limite de détection était de 0,02 mg/kg pour l'endosulfan.

3- Résultats

3.1- Caractéristiques des sites et des sols étudiés

Le site de Farakoba est situé dans la zone sud-soudanienne alors que Boni et Kaïbo sont localisés dans la zone nord-soudanienne. ^[10] La pluviométrie moyenne enregistrée sur dix années (1993-2003) est de 997,34 mm pour Farakoba, de 890,73 mm pour Boni et de 840,55 mm pour Kaïbo. A Farakoba, on rencontre des sols faiblement ferrallitiques caractérisés par un matériau sédimentaire contenant du quartz, de l'argile kaolinique et du fer. Ils sont acides, perméables et à potentialité chimique faible. A Boni, on retrouve des sols ferrugineux tropicaux peu lessivés et lessivés sur matériau sableux sablo-argileux et argilo-sableux. A Kaïbo, on rencontre des vertisols sur alluvions ou matériaux argileux, souvent associés aux sols bruns eutrophes. Ils sont caractérisés par des teneurs élevées en argile de type montmorillonitique. Quelques caractéristiques physicochimiques des échantillons de sols utilisés dans notre étude sont présentées dans le Tableau I.

Tableau I : Caractéristiques physicochimiques (0-20 cm) des sols hors culture des sites de Farakoba, Boni et Kaïbo

Caractéristiques	Sites		
	Farakoba	Boni	Kaïbo
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
Densité apparente	2,75	2,97	2,59
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
Capacité d'échange cationique (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

Sur le plan texturale, l'échantillon de sol de Farakoba présente un pourcentage de sable plus important alors que l'échantillon de sol de Kaïbo se distingue par un taux d'argile et de limon élevé. Du point de vue chimique, l'échantillon de sol de Kaïbo a une teneur faible en carbone, azote et phosphore. Ce sol est caractérisé par un potentiel chimique élevé (10,92 meq/100 g) et une acidité faible (6,13). D'après les normes du BUNASOLS (1990) ^[11] le sol de Farakoba est dit « pauvre » en carbone, azote, et phosphore. Ce sol est aussi « pauvre » en matière organique (0,9 %). Il est caractérisé par ailleurs par un faible pouvoir absorbant (1,14 meq/100g) donc une pauvreté relative en éléments chimiques (potassium, magnésium, calcium) et une forte acidité (5,09). Le sol de Boni a une teneur faible en carbone, azote, phosphore mais plus riche comparé au sol de Farakoba. La teneur en matière organique reste faible (1,9 %). La disponibilité des bases échangeables est plus élevée que celle du sol de Farakoba. Le pH est moyennement acide (5,55).

3.2- Dégradation de l'endosulfan dans les sols à différentes températures.

La Figure 1 présente pour chaque sol, les teneurs en endosulfan en fonction des températures et du temps d'incubation. Dans le sol ferrallitique de Farakoba la dégradation de l'endosulfan à 28°C est lente pendant les 5 premiers jours d'incubation (Figure 1a). Au 5^{ème} jour

seulement 3 % du pesticide a été dégradé. Ensuite la vitesse de dégradation devient plus importante entre le 5^{ème} et le 25^{ème} jour où la totalité de l'endosulfan est dégradée. A 33 et 40°C la dégradation est rapide les 5 premiers jours. Elle ralentie entre le 5^{ème} et le 15^{ème} jour à 33°C, tandis qu'à 40°C la vitesse de dégradation reste élevée jusqu'au 15^{ème} jour où la totalité du pesticide est dégradée. A 28 ou 33°C la totalité des 10 mg/kg d'endosulfan est dégradée au bout de 25 jours. Ainsi dans le sol de Farakoba la dégradation de l'endosulfan au cours des 5 premiers jours est 21,7 et 7,2 fois plus élevée à 40°C par rapport respectivement à 28 et 33°C. A 33°C cette dégradation est 3 fois plus élevée qu'à 28°C (Tableau II). Dans le sol ferrugineux tropical de Boni la dégradation de l'endosulfan est faible pendant les 5 premiers jours à 28°C (Figure 1b). Pendant cette même période la dégradation du pesticide est plus élevée de 9 et 5,6 fois respectivement pour les températures de 33 et 40°C comparés à 28°C (Tableau II). Après 15 jours d'incubation la totalité de l'endosulfan est dégradé dans le sol à 40°C tandis qu'il reste encore 5% du pesticide à 28 et 33°C où la dégradation total est réalisée après 25 jours.

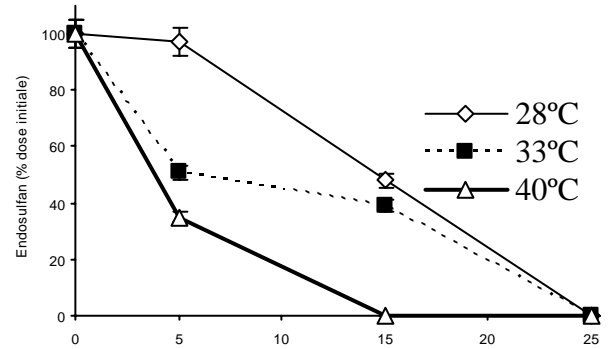
Dans le sol à caractère vertique de Kaïbo, la dégradation de l'endosulfan est rapide les 5 premiers jours à toutes les trois températures d'incubation. Les vitesses de dégradation sont similaires pour toutes les températures pendant cette période (Figure 1c). Après 5 jours d'incubation le taux de dégradation sont de 63, 82 et 92 % respectivement pour les températures de 28, 33 et 40°C. A 40°C la totalité de l'endosulfan est dégradée après 15 jours d'incubation tandis qu'à 28 et 33°C cette dégradation est réalisée après 25 jours. D'une manière générale on observe que dans les sols de Farakoba et Kaïbo

l'endosulfan se dégrade plus rapidement à 40°C par rapport à 28 et 33°C. Avec le sol de Boni cette dégradation est plus rapide à 33°C par rapport à 40°C.

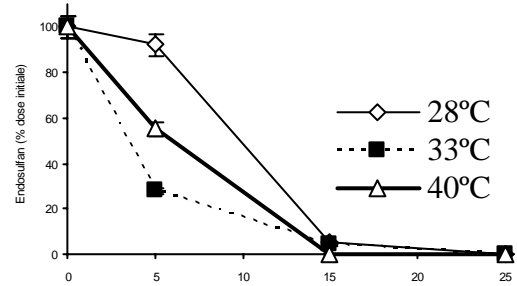
Tableau II: Vitesses de dégradation de l'endosulfan dans les sols au cours des 5 premiers jours en fonction de la température d'incubation

Températures d'incubation des sols	Pourcentage de l'endosulfan dégradé par jour		
	Farakoba	Boni	Kaïbo
28°C	0,6	1,6	12,6
33°C	1,8	9	16,4
40°C	13	14,4	18,4

1a



1b



1c

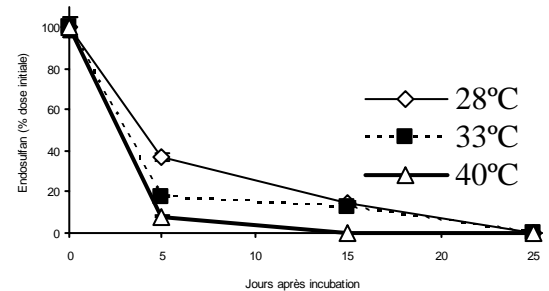


Figure 1 : Evolution de la teneur en endosulfan (10 mg/kg) dans les sols de Farakoba (1a), Boni (1b) et Kaïbo (1c) aux températures d'incubation de 28,33 et 40°C. Les barres représentent les écartypes par rapport à la moyenne.

Les apports de matière organique induisent de façon générale, une dégradation plus rapide de l'Endosulfan quelque soit le sol (Figure 2).

Dans le sol ferrallitique de Farakoba, la dégradation est lente les 5 premiers jours d'incubation avec le sol sans amendement et le sol contenant 3,33 g/kg de fumier; puis elle s'accélère entre le 5^{ème} et le 15^{ème} jour (Figure 2a). La vitesse initiale de dégradation de l'endosulfan à la concentration de 6,67 g/kg est 3,4 fois plus élevée par rapport à l'amendement avec 3,33 g/kg et 55 fois plus élevée comparé au sol sans amendement. Après le 5^{ème} jour d'incubation, les vitesses de dégradation sont semblables. La totalité de l'endosulfan est dégradée après 15 jours d'incubation (Figure 2a).

Dans le sol ferrugineux de Boni, la dégradation de l'endosulfan est rapide pendant les 5 premiers jours d'incubation. Cette dégradation dans les sols amendés (3,33 et 6,67 g de fumier par kg de sol) est environ 1,5 fois plus élevée que dans le sol sans amendement (Figure 2b). Après 15 jours d'incubation la quasi-totalité de l'endosulfan est dégradée dans le sol de Boni.

Dans le sol à caractère vertique de Kaïbo la dégradation de l'endosulfan est rapide pendant les 5 premiers jours d'incubation quelque soit l'amendement. La vitesse de dégradation en présence de 6,67 g/kg est de 1,5 fois plus élevée par rapport au sol sans amendement et 1,3 fois plus élevée par rapport au sol amendé avec 3,33 g de fumier par kg de sol (Figure 2c). Après 5 jours d'incubation la dégradation est très lente dans le sol non amendé. Au bout de 25 jours d'incubation il reste encore 15% d'endosulfan dans le sol sans amendement pendant que la totalité du pesticide a été dégradé dans les sols amendés avec 3,33 et 6,67 g/kg (Figure 2c).

La comparaison des vitesses de dégradation de l'endosulfan pendant les 5 premiers jours d'incubation sans amendement de matière organique dans les différents sols montre que dans les sols de Boni et de Kaïbo ces vitesses sont similaires. Par contre dans le sol de Farakoba cette vitesse est 58 et 63 fois plus lente comparée respectivement aux sols de Boni et de Kaïbo.

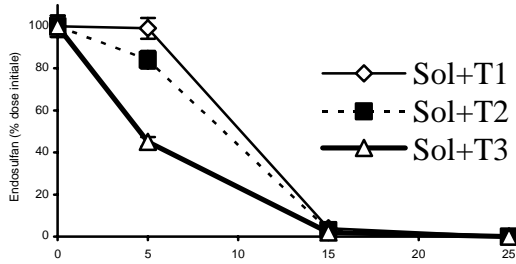
Les résultats obtenus avec les tests de dégradation de l'endosulfan dans les différents sols en présence ou en absence de fumier montrent que l'ajout de matière organique permet d'accélérer la dégradation du pesticide. Le gain obtenu est plus important lorsque la capacité initiale du sol à dégrader les pesticides est faible. Si on considère deux sols de capacités différentes, les vitesses de dégradation de l'endosulfan tendent à être similaires lorsque l'amendement devient important (Tableau III).

Tableau III : Vitesses de dégradation de l'endosulfan dans les sols au cours des 5 premiers jours en fonction de l'amendement organique

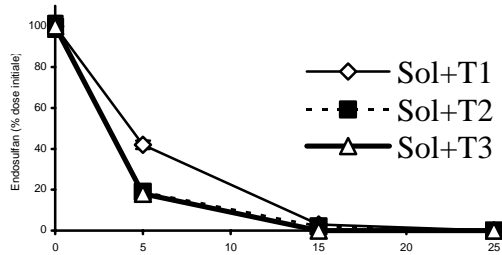
Traitements	Pourcentage de l'endosulfan dégradé par jour		
	Farakoba	Boni	Kaïbo
Sol+T1	0,2	11,6	12,6
Sol+T2	3,2	16,2	14,4
Sol+T3	11	16,4	19,6

T1 : 10 mg/kg d'Endosulfan ; T2 : 10 mg/kg d'Endosulfan + 3,33 g/kg de fumier ; T3 : 10 mg/kg d'Endosulfan + 6,67 g/kg de fumier

2a



2b



2c

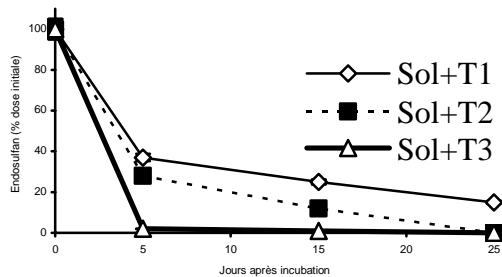


Figure 2 : Dégradation de l'Endosulfan dans les sols de Farakoba (2a), Boni (2b) et Kaïbo (2c) incubés à température ambiante (25-30 °C) avec différents amendements en fumier. Les barres représentent les écarts types par rapport à la moyenne

T1 : 10 mg/kg d'Endosulfan ; T2 : 10 mg/kg d'Endosulfan + 3,33 g/kg de fumier ; T3 : 10 mg/kg d'Endosulfan + 6,67 g/kg de fumier.

4- Discussion

Les résultats de cette étude permettent d'avoir un aperçu du comportement d'un pesticide (l'Endosulfan) dans divers types de sols au Burkina Faso en intégrant un facteur climatique (la température) et un facteur édaphique (la matière organique). En effet la dégradation des pesticides

dans les sols est la résultante de processus physico-chimiques et biologiques. [12] 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. [13] Les résultats montrent que l'endosulfan se dégrade plus rapidement dans les sols incubés à la température élevée (40°C) par rapport à 33°C et 28°C quelque soit la nature des sols. Lors des diverses études portant sur la dégradation des pesticides dans les sols, Robert [13] a montré que la dégradation du 1,3-dichloropropène augmentait de 4,3 à 5,2 % en une journée lorsque la température variait de 20°C à 40°C. Il a été également montré que la demi-vie du DDT (pesticide organochloré) était de 30 mois en région tempérée et de 3 à 9 mois sous climat tropical où les températures maximales avoisinent 40°C [5]. 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 est avec la chaleur la source majeur de dégradation des organochlorés et des pyréthrénoïdes dans l'environnement. Ainsi la dégradation des résidus de pesticides dans les sols au niveau des zones cotonnières et maraîchères serait plus rapide dans les zones où les températures sont les plus élevées au cours de la période de production agricole.

Les résultats de l'étude de la dégradation de l'endosulfan en fonction de l'amendement organique montre que la dégradation du pesticide est plus élevée dans les sols amendés par la matière organique (fumier) comparés aux sols non amendés. La dégradation de l'endosulfan est plus rapide lorsque la

quantité de matière organique augmente. Ainsi la dégradation des résidus d'endosulfan est favorisée par un apport en matière organique. En effet la matière organique apporte une biomasse supplémentaire aux sols (algues, bactéries, mésofaunes) susceptible de modifier la dégradation des pesticides dans les sols. Cette matière organique est aussi une source de matières nutritives pour les microorganismes du sol^[15,16]. La matière organique joue aussi un rôle de tampon des sols et favorise l'activité catabolique de la microflore. De plus la matière organique possède de nombreux groupements fonctionnels qui lui procurent une grande réactivité chimique.^[12,13]

La vitesse de dégradation élevée avec le sol à caractère vertique de Kaïbo peut aussi être expliquée par le taux d'argile élevé de ce sol. En effet plusieurs auteurs ont montré que la dégradation des pesticides est plus rapide dans les sols riches en argiles par rapport aux sols sableux.^[12, 17, 18] Des tests ont révélé que la demi-vie du glyphosate est de 14 jours sur limon fin et supérieur à 111 jours sur limon sableux. Il est bien connu que les argiles possèdent des propriétés catalyseurs de surface qui permettent une transformation chimique des molécules organiques adsorbées, la décomposition des amines et l'hydrolyse des triazines.^[12]

5- Conclusion

Les résultats de ce travail ont montré que la dégradation de l'endosulfan dans les sols du Burkina Faso est accélérée par la température. En milieu réel, la dégradation de l'Endosulfan est susceptible de se faire durant toute la période de l'année et elle sera avancée pendant la période chaude de l'année (mars à mai) où les températures

maximales moyennes avoisinent 40°C sur l'ensemble des sites. Cette dégradation serait plus importante dans les sols à forte teneur en matière organique et en argile. Ainsi les résidus d'endosulfan se dégraderaient plus rapidement dans les vertisols au cours des premiers jours après l'épandage des insecticides. Aussi, les sols ferrugineux tropicaux sont susceptibles de dégrader plus vite les résidus de d'endosulfan comparés au sol ferrallitiques. L'ajout de matière organique serait un bon moyen pour la biorémédiation des sols pollués par les pesticides.

Remerciements

Nous remercions la Fondation Internationale pour la Science (IFS) dont l'appui financier et technique à permis la réalisation du présent travail.

Bibliographie

- [1] Lendres P. 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. (1992), 82 p ;
- [2] Toé A.M., Domo Y., Hema S.A.O ., Guissou I.P. 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* (2000) 4-5, 39-48 ;
- [3] Albanis T. Mouvement of méthyl parathion, lindane and Atrazine through lysimeters in field conditions. *Environ. Chem.* (1998) 17, 35-45;
- [4] Blair A.M., Martin T.D., Walber A. and Welch S.J. Measurement and prediction of isoproturon movement and persistence in three soils. *Crop Protection* (1990) 9, 289-294;

- [5] PAN/CTA. Pesticides et agricultures tropicales. Dangers et alternatives. Pays bas. (1993). 281 p ;
- [6] Tapsoba H. K. et Y. L. Bonzi-Coulibaly. Production cotonnière et pollution des eaux par les pesticides au Burkina Faso. *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.* (2006) 21, 87-93 ;
- [7] Savadogo P.W., O. Traoré, M. Topan, H.K. Tapsoba, P.M. Sedogo, Y.L. Bonzi-Coulibaly. Variation de la teneur en résidus de pesticides dans les sols de la zone cotonnière au Burkina Faso. *J. Afr. Sci. Environ.* (2006) 11, 29-39;
- [8] Savadogo P.W., Aly Savadogo, Aboubacar S. Ouattara, Michel P. Sedogo and Alfred S. Traoré. Anaerobic Biodegradation of Sumithion an organophosphorus Insecticide Used in Burkina Faso Agriculture by acclimatized Indigenous Bacteria. *Pak. J. Biol. Sci.* (2007) 10 (11), 1896-1905;
- [9] Walkley, A. & Black, J. A. An examination of the Detjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromatic acid titration method. *Soil Science.* (1934) 37, 29-3 ;
- [10] Guinko S. contribution à l'étude la végétation et de la flore du Burkina Faso (ex Haute- Volta) thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences Naturelles. (1984). Université de Bordeaux III, 318 pages ;
- [11] BUNASOLS. Manuel d'évaluation des terres document technique. Ouagadougou, Burkina Faso. (1990), 110-118.
- [12] COLUMA, 1977. Les herbicides et le sol. ACTA, 143 p ;
- [13] Robert, S., J. Gan, R.Y. Scott. Effect of temperature, organic amendment rate and moisture content on the degradation of 1,3-dichloropropene in soil. *Pest. Manag. Sci.* (2001) 57, 1107-1113;
- [14] Sedogo, P.M.. Evolution des sols ferrugineux lessivés sous culture : incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse doctorat, Université nationale de Côte d'Ivoire. (1993), 329 p ;
- [15] Hien V. Pratiques culturales et évolution de la teneur en azote organique utilisable par les cultures dans un sol ferrallitique du Burkina Faso. Thèse de doctorat INPL Nancy. (1990). 149 pages ;
- [16] Boivin A.S., Amellal, M. Schiavon, M. Th. Van Genuchten. 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) sorption and degradation dynamics in three agricultural. *Soils. Environ. Pollut.* (2005) 138 : 92-99;
- [17] Khan Z. and Y. Anjaneyulu. Influence of soil components on adsorption-desorption of hazardous organics-development of low cost technology for reclamation of hazardous waste dumpsites . *J. Hazard. Mater.* (2005) B118: 161-169.