

*Original article**Agronomy*

Effet des pesticides sur l'activité microbienne d'un sol ferrugineux tropical du Burkina Faso.

Baba OUATTARA ^{1*} ; Paul W. SAVADOGO ² ; Ouola TRAORE ¹ ; Bazoumana KOULIBALY ¹ ;
Michel P. SEDOGO ² & Alfred S. TRAORE ³.

¹ Station de Farako-Bâ, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles 01 BP. 910 Bobo-Dioulasso
01, BURKINA FASO, Tel. (226) 20.97.21.05 et 70.03.36.52, Fax : 20.97.01.59

² Laboratoire Sol-Eau-Plante, Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles 01 BP. 476
Ouagadougou 01, BURKINA FASO, Tel. (226) 50.31.92.08

³ CRSBAN, Université de Ouagadougou 03 BP 7021 Ouagadougou 03 BURKINA FASO. Tél. (226)
50.30.70.64/65, Fax : (226) 50.30.72.42.

*Auteur de toute correspondance (babaouattara2005@yahoo.fr)

RESUME

L'effet des pesticides utilisés en culture cotonnière sur l'activité microbienne globale des sols a été étudié sur un sol ferrugineux tropical en zone ouest du Burkina Faso. Des échantillons de sol ont été prélevés à 30, 73, et 119 jours après semis du cotonnier. Les analyses de respirométrie, de détermination de la biomasse microbienne et de l'ammonification ont été réalisées. Les résultats indiquent que les doses de pesticides apportées sont insuffisantes pour affecter les bactéries ammonifiantes. En revanche, ces doses perturbent la vie du sol en affectant l'efficacité des microorganismes à utiliser la matière organique, en activant tantôt la respiration et la biomasse microbiennes et tantôt en les inhibant.

Mots Clés : Pesticide – Sol – Activité Respiratoire – Biomasse Microbienne – Bactérie Ammonifiante

ABSTRACT

The effect of pesticides used in cotton cultivation on soil global microbial activity was studied on a tropical ferruginous soil in the west zone of Burkina Faso. The soil samples were taken at 30, 73 and 119 days after the cotton seeds. The analyses of respirometry, of microbial biomass determination and of the ammonification were realized. The results indicate that the doses of pesticides that were not enough to affect ammonifying bacteria. In return, these doses disrupt soil life by affecting microorganism's efficiency in using organic matter, by stimulating sometimes microbial's respiration and biomass, and sometimes inhibiting it.

Key words: Pesticide – Soil – Respiratory activity – Microbial biomass – Ammonifying bacterium.

INTRODUCTION

Au Burkina Faso, l'emploi des pesticides est rentré dans les habitudes des producteurs agricoles. La quantité de pesticides utilisés a été évaluée à 2533 tonnes avec un taux de croissance annuelle estimé à 11% [1]. Les pesticides permettent d'accroître les rendements agricoles, mais leur usage, même avec précaution peut présenter des risques importants pour l'homme et la nature [2] ; [3]. Les pratiques sont le plus souvent l'utilisation de pesticides dont la nature, la qualité et les doses apportées ne respectent pas toujours les recommandations pour une utilisation écologiquement rationnelle. Le risque qui en

découle est alors la pollution des écosystèmes édaphiques et aquatiques. Des études ont révélé la contamination des sols et des eaux de certaines régions du Burkina Faso par les pesticides, [4], [5] et [6]. Les travaux de [7] ; [8] ; [9] ; [11], sur l'effet des pesticides sur la flore microbienne montrent tantôt une inhibition et tantôt une stimulation de l'activité microbienne. Ainsi, il est difficile de prévoir l'impact d'un pesticide sur la biologie du sol. L'objectif de la présente étude a été d'étudier l'effet combiné des applications d'insecticides et d'herbicides sur l'activité microbiologique du sol en culture cotonnière.

MATERIEL ET METHODES

Le site d'étude

L'étude a été conduite sur la station de recherche de Farako-Bâ, au Burkina Faso. Cette station est située à 4°20' de longitude ouest et 11°06' de latitude nord et à 405 mètres d'altitude. Le climat y est du type sub-soudanien avec une saison de pluie allant d'avril à octobre et alternant avec une saison sèche. La moyenne pluviométrique est de 1008 mm. Les températures minima et maxima sont respectivement de 14,8°C et 35,8°C. On y note des sols ferrugineux tropicaux, chimiquement pauvres, assez perméables et acides. Une analyse de ces sols sur l'horizon 0-20cm donne les caractéristiques suivantes (tableau 1).

Tableau 1 : Caractéristiques des sols étudiés

<i>Paramètres</i>	<i>Valeurs</i>
Argile (%)	8,3
Limons (%)	26,0
Sables (%)	51,7
Matière organique (%)	0,90
C total (mg/g)	0,52
N total (mg/g)	0,4
P total (mg/g)	0,12
pH eau	5,1
pH KCl	4,5
Ca ⁺⁺ (meq/ 100g)	0,63
Mg ⁺⁺ (meq/ 100g)	0,393
Na ⁺ (meq/ 100g)	0,105
K ⁺ (meq/ 100g)	0,012

Le cotonnier

La variété de cotonnier FK 37 a été utilisée. Ce cotonnier a un cycle de 150 jours et son potentiel agronomique est de 3 t/ ha de coton graine. Le semis a été effectué le 10 juillet 2006 sur un sol labouré à plat, avec un écartement de 40 cm entre les poquets et 80 cm entre les lignes.

Les pesticides et les fertilisants

Les fumures suivantes ont été appliquées :

- ✓ Le compost fabriqué à base de tige de coton et apporté à la dose de 6t/ha ;
- ✓ L'engrais coton NPKSB de formule 14-18-18-6-1 apporté à la dose de 150 kg/ha ;
- ✓ et l'urée (CO(NH₂)₂) à 46% N, apportée à la dose de 50 kg/ha.

Les pesticides utilisés sont consignés dans le tableau 2.

Le dispositif expérimental

Le dispositif expérimental est un bloc Fisher complètement randomisé comportant trois traitements en trois répétitions. La parcelle élémentaire comporte 6 lignes de 15 m de long avec un écartement de 0,8 m entre les lignes ; soit une superficie de 72 m². Les traitements étudiés sont les suivants :

T 1 : parcelle témoin non cultivée ;

T 2 : parcelle de coton, fertilisée à l'engrais minéral et traitée à l'herbicide *Action 80 DF* au semis, puis aux insecticides Rocky 500, lambdocal P212 E et Conquest C 88 respectivement à 31, 48 et 66, et 76 et 89 jours après semis du coton ;

T 3 : parcelle de coton, fertilisée au compost et traitée à l'herbicide *Action 80 DF* au semis puis aux insecticides Rocky 500, lambdocal P212 E et Conquest C 88 respectivement à 31, 48 et 66, et 76 et 89 jours après semis du coton.

Le but recherché est de comparer l'activité biologique du sol des parcelles témoins laissées en jachère avec celui des parcelles sous culture et soumis à des applications de pesticide et de fertilisants.

Les prélèvements

Les prélèvements de sol effectués après l'application des pesticides l'ont été sur l'horizon 0-20 cm à l'aide d'une tarière et suivant trois dates : 30, 73 et 119 jours après semis. Cinq points de prélèvement ont été effectués par parcelle et mélangés pour constituer un échantillon moyen. Les sols ainsi prélevés sont séchés à l'air ambiant et à l'ombre.

Tableau 2 : Liste des pesticides utilisés

Nom commercial	Type	Matières actives	Famille Chimique	Dose/ha
Action 80 DF	Herbicide	Diuron (800g/kg)	Urée substituée	300g/ha
Rocky 500	Insecticide	Endosulfan (500g/l)	Sulfite	500g/ha
Lambdacal P212 E	Insecticide	lambdacyhalotrine(12g/l) et profenofos (200g/l)	association de pyréthrine et d'organophosphoré	212g/ha
Conquest C 88	Insecticide	cyperméthrine (72g/l) et d'acétamipride (16g/l)	association de pyréthrine à néonicotinoïde	88g/ha

Les analyses microbiologiques

Les sols de chaque traitement ont été mélangés, broyés et tamisés à 2 mm pour obtenir un échantillon composite.

Mesure de l'activité respiratoire du sol. Les échantillons de sol ont été mis en incubation à 30°C pendant deux semaines et le CO₂ a été dosé selon la méthode de Dommergues (1960) et décrite par [13]. Elle consiste à piéger le CO₂ dégagé par de la soude (NaOH 0,1N), puis à le doser par titration avec l'acide chlorhydrique (HCl 0,1N) en présence de la phénolphaléine. La quantité de CO₂ dégagé (C-CO₂) est donnée par la formule suivante :

$C-CO_2$ (mg/100g de sol) = $(V_{HCl\ blanc} - V_{HCl\ échantillon}) \times 2,2$; où :

$V_{HCl\ blanc}$ = volume en ml de HCl 0,1 N, utilisé pour le témoin ;

$V_{HCl\ échantillon}$ = volume en ml de HCl 0,1 N, utilisé pour l'échantillon de sol ;

2,2 = un coefficient qui signifie que 2,2 g de CO₂, correspondent à 1ml de HCl 0,1N.

Mesure de la biomasse microbienne du sol. La détermination de la biomasse microbienne se fait, en fumigant les échantillons de sol à la vapeur de chloroforme pendant 24 heures. Ensuite, l'incubation et le dosage du CO₂ dégagé sont réalisés selon la méthode décrite par Dommergues en 1960 et cité par [13]. La biomasse microbienne (BM) a été déterminée à partir de la formule de [14].

BM (mg/100g de sol) = $(F_{0-7} - F_{8-14}) / Kc$; où :
 F_{0-7} = le CO₂ dégagé entre 0 et 7 jours par les échantillons fumigés ; F_{8-14} = le CO₂ dégagé entre 8 et 14 jours par les échantillons fumigés ; Kc = 0,41 est le coefficient de

proportionnalité représentant la fraction minéralisable en CO₂ du carbone.

Détermination du Quotient respiratoire du sol. Le Quotient respiratoire (qCO₂) est la quantité quotidienne de carbone minéralisé par gramme de biomasse microbienne. Elle a été déterminée par utilisation de la formule établie par [3]

$$qCO_2 = Cm(14) / (14 \times C-BM)$$

où :

$Cm(14)$ est le carbone minéralisé pendant 14 jours d'incubation ;

$C-BM$ est la biomasse microbienne ; 14 est le nombre de jours d'incubation.

Evaluation de la densité des bactéries ammonifiantes. Le milieu de culture et le mode opératoire, sont ceux décrits par [13]. Des dilutions en cascade ont été réalisées à partir de 10 grammes de sol broyés à 2 mm. Chaque dilution est ensuiteensemencée dans le milieu de culture à raison de trois tubes par dilution. Après 15 jours d'incubation à 30°C, les dilutions sont testées avec 2 gouttes du réactif de Nessler pour déceler la présence de l'ammoniaque qui traduit la croissance des bactéries ammonifiantes.

Traitement statistique des données

Les données ont été traitées à l'aide du logiciel XLSTAT 2007. Le test de Fisher est choisi pour la comparaison des moyennes lorsque l'analyse de variance révèle des différences significatives entre les traitements au seuil de probabilité de 5%.

RESULTATS

Evaluation de l'effet des pesticides sur l'activité respiratoire du sol

Effet sur la production cumulée du CO₂

L'évolution du cumul des quantités de CO₂ au cours des 14 jours d'incubation est récapitulée dans le tableau 3 et représentée par la figure 1. De manière générale, on note une augmentation du dégagement cumulé du CO₂ de tous les traitements durant l'incubation, avec une minéralisation du carbone du sol d'autant plus importante que l'on s'éloigne de la date de semis (tableau 3). On observe aussi que pour une date donnée, les productions totales de CO₂ des traitements ne diffèrent pas statistiquement. Néanmoins, une comparaison des valeurs arithmétiques des moyennes montre une production de CO₂ plus importante au niveau du sol témoin, suivi de celle du sol fertilisé à l'engrais minéral et traité aux pesticides et de celle du sol fertilisé au compost et traité aux pesticides pour les prélèvements à 30 jours après semis. Un dégagement de CO₂ inversé est constaté pour les prélèvements à 119 jours après semis. Pour les prélèvements à 73 jours après semis, le sol fertilisé au compost et traité aux pesticides, présente un cumul de CO₂ inférieur à celui du sol fertilisé à l'engrais minéral et traité aux pesticides et supérieur à celui du sol témoin.

Evaluation de l'effet des pesticides sur la biomasse microbienne du sol

Les résultats de l'impact des traitements pesticides sur la biomasse microbienne sont consignés dans le tableau 4. Ces résultats indiquent que la biomasse microbienne du sol augmente avec le temps pour tous les traitements, même si elle baisse au 73^{ème} jour après semis pour le sol traité aux pesticides et fertilisé au compost. Ils montrent aussi qu'à chaque date de prélèvement de sol, la biomasse microbienne de la parcelle témoin sous jachère est toujours inférieure à celle de la parcelle de coton fertilisée à l'engrais

minéral et traitée aux pesticides, et toujours supérieure à celle de la parcelle de coton fertilisée au compost et traitée aux pesticides : T3 < T1 < T2. Toutefois, c'est seulement au niveau du sol témoin, que les analyses statistiques révèlent une différence significative entre les biomasses microbiennes des trois dates de prélèvement (tableau 4).

Evaluation de l'effet des pesticides sur le Quotient respiratoire (qCO₂) du sol

La valeur du qCO₂ du sol traité au compost et aux pesticides est toujours plus élevée que celle du sol témoin (figure 2). Elle est ainsi de 0,101 mg C-CO₂ g⁻¹ C-Biom. Microb. J⁻¹ pour la parcelle traitée au compost et aux pesticides, contre 0,084 mg C-CO₂ g⁻¹ C-Biom. Microb. J⁻¹ pour la parcelle témoin pour les sols prélevés à 30 jours après semis ; de 0,21 contre 0,104 mg C-CO₂ g⁻¹ C-Biom. Microb. J⁻¹ pour les sols prélevés à 73 jours après semis et de 0,122 contre 0,107 mg C-CO₂ g⁻¹ C-Biom. Microb. J⁻¹ pour les sols prélevés à 119 jours après semis. La valeur du qCO₂ du sol traité aux pesticides et fertilisé à l'engrais minéral, ne dépasse celle du sol témoin qu'à 119 jours après semis. Elle est ainsi de 0,080 mg C-CO₂ g⁻¹ C-Biom. Microb. J⁻¹ pour le sol traité aux pesticides et à l'engrais minéral contre 0,084 mg C-CO₂ g⁻¹ C-Biom. Microb. J⁻¹ pour le sol témoin pour les prélèvements effectués à 30 jours après semis ; de 0,077 contre 1,040 mg C-CO₂ g⁻¹ C-Biom. Microb. J⁻¹ pour les sols prélevés à 73 jours après semis et de 0,123 contre 0,107 mg C-CO₂ g⁻¹ C-Biom. Microb. J⁻¹ pour les sols prélevés à 119 jours après semis. Toutefois, ces résultats ne révèlent pas de différence significative entre les traitements. Une comparaison de la valeur des moyennes permet de classer les quotients respiratoires des traitements ainsi qu'il suit : T2 < T1 < T3 pour les sols prélevés à 30 et 73 jours après semis et T1 < T3 < T2 pour les sols prélevés à 119 jours après semis.

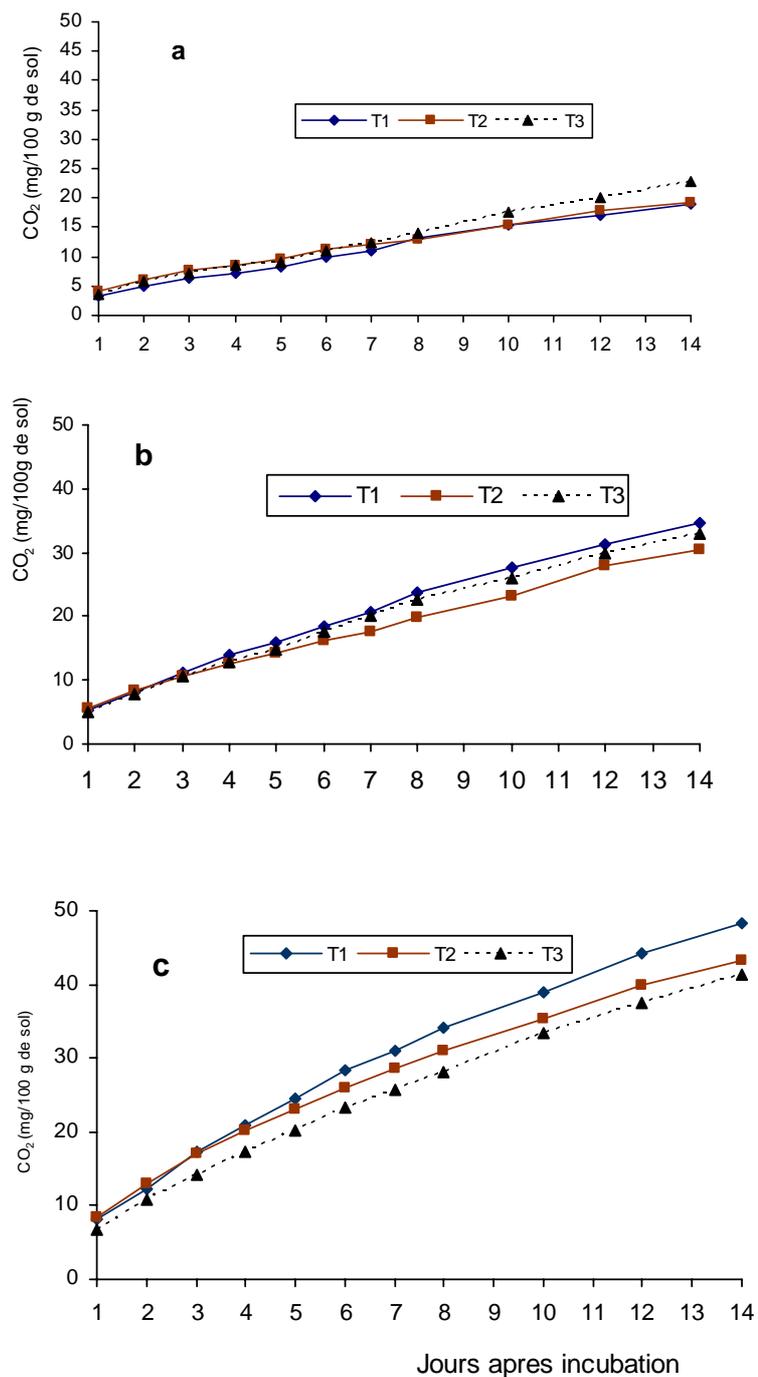


Figure 1 : Evolution du CO₂ cumulé du sol prélevé à : a) 30, b) 73, c) 119 jours après semis (chaque valeur est la moyenne de 3 répétitions)

Tableau 3 : Production cumulée du CO₂ après 14 jours d'incubation

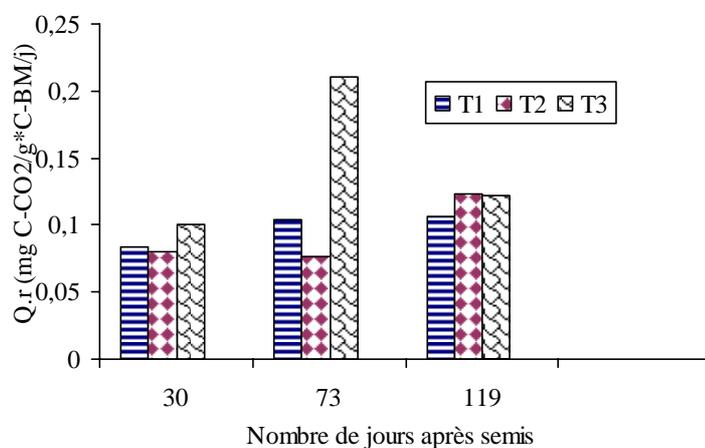
Dates de prélèvement du sol en jours après semis	Production cumulée de CO ₂ (mg / 100 g de sol)		
	Traitements		
	Parcelle sous jachère	Parcelle de coton +engrais minéral + pesticides	Parcelle de coton + compost + pesticides
30	19.14 ^a ±0.22	19.25 ^a ±0.67	22.96 ^a ±1.66
73	34.80 ^b ±0.91	30.47 ^b ±1.46	33.00 ^b ±3.57
119	48.89 ^c ±3.96	43.34 ^c ±0.66	41.40 ^c ±5.43
Probabilité	0.0000	0.0001	0.0001
Signification	HS	HS	HS

Les valeurs sont les moyennes de 3 répétitions ; Les valeurs suivies d'une même lettre dans la même colonne ne diffèrent pas significativement au seuil de 5% de probabilité ; HS= hautement significatif.

Tableau 4 : Evolution de la biomasse microbienne des sols prélevés à 30, 73, et 119 jours après semis

Dates de prélèvement du sol en jours après semis	Biomasse microbienne totale (mg C / 100 g de sol)		
	Traitements		
	Parcelle sous jachère	Parcelle de coton +engrais minéral + pesticides	Parcelle de coton + compost + pesticides
30	16.07 ^a ±4.98	17.15 ^a ±0.81	13.03 ^a ±8.63
73	18.22 ^b ±4.06	22.69 ^a ±0.92	8.92 ^a ±5.73
119	28.42 ^c ±0.81	29.67 ^a ±15.88	21.08 ^a ±3.86
Probabilité	0.03	0.49	0.05
Signification	S	NS	NS

Les valeurs sont les moyennes de 3 répétitions ; NS = non significatif ; S = significatif



T1 = parcelle témoin sous jachère ; T 2 = parcelle de coton, fertilisée à l'engrais minérale et traitée aux pesticides ; T 3 = parcelle de coton, fertilisée au compost et traitée aux pesticides

Figure 2 : Evolution du quotient respiratoire du sol

Evaluation de l'effet des pesticides sur la densité des bactéries ammonifiantes

Toutes les dilutions du sol fertilisé au compost et traité aux pesticides T3 et celles du sol fertilisé aux engrais minéraux et traité aux pesticides T2, ont été testées positives au réactif de Nessler sans différence aucune avec les dilutions du sol témoin T1. Cela traduirait donc de la présence effective de l'ammoniaque dans tous les traitements. Il n'y a donc pas un effet d'élimination totale des microorganismes ammonifiants.

DISCUSSION

Evaluation de l'effet des pesticides sur l'activité respiratoire du sol

Pour tous les traitements, l'évolution croissante du CO₂ cumulé, indique une intensification de l'activité respiratoire des sols au cours de la campagne.

A 30 jours après semis, les intensités respiratoires des sols traités aux pesticides et fertilisés sont plus élevées que celle du traitement témoin. Cela pourrait être attribué aux effets conjugués de l'herbicide et de l'engrais minéral et du compost. Des résultats similaires observés par [12], ont révélé que l'herbicide *Zoomer* à base de glyphosate et d'oxyflorfen et *Cottonex PG* à base de fluométuron, de prométryne et de glyphosate stimulaient l'activité respiratoire du sol à 15 jours après l'épandage. [16] a montré que l'endosulfan stimulait l'activité respiratoire des sols à la concentration de 6 ppm.

Le dégagement de CO₂ plus intense du sol fertilisé au compost par rapport à celui fertilisé à l'engrais minéral, semble être liée au compost. Ce résultat rappelle ceux de [15], [17], et [18] qui ont observé une activité respiratoire plus élevée des sols plus riches en matière organique. Pour les sols prélevés à 73 et à 119 jours après semis, l'intensité respiratoire du sol traité aux pesticides et fertilisé à l'engrais minéral a été réduite d'environ 12 % et celle du sol traité aux pesticides et au compost de 5 et 15 % respectivement par rapport au sol témoin. Cela signifie que les traitements pesticides associés aux engrais minéraux ou au compost ont inhibé l'activité respiratoire du sol ou que la matière organique facilement dégradable a

pu être épuisée au fil du temps. Des résultats comparables ont été trouvés par [10] et [11]. [10] ont révélé que l'atrazine et le carbofuran réduisaient de 18% l'activité respiratoire du sol. Pour [11] le CO₂ cumulé des sols de Tiokouy, Comin-yanga et Tiébélé a été réduit respectivement de 12 ; 38 et 40% après application des pesticides. Il est connu que la matière organique adsorbe les pesticides [19]; [6], augmentant ainsi leur temps de séjour dans le sol. Cette situation pourrait donc augmenter l'exposition des microorganismes aux pesticides.

Evaluation de l'effet des pesticides sur la biomasse microbienne du sol

L'évolution de la biomasse microbienne totale indique une augmentation de la population microbienne pour tous les traitements. Elle montre également que comparés au témoin, les apports de pesticides associés aux engrais minéraux induisent une augmentation de 4 à 25 % de la biomasse microbienne totale tandis que l'association de pesticides et de compost, l'abaisse de 19 à 51%.

L'effet dépressif produit par l'association d'un apport de pesticides et de compost concorde avec les résultats de [20], qui ont révélé que des pesticides tels que le dinoseb et le glufosinate induisaient une réduction de la biomasse microbienne du sol de 20 à 50% 3 semaines après leur application. Ce résultat est également conforme à celui de [9] qui soulignent que le glufosinate d'ammonium inhibe les bactéries du sol.

L'activation de la biomasse microbienne suite à l'apport associé de pesticides et d'engrais minéraux, est conforme au résultat de [12] qui indiquait que l'herbicide *zoomer*, stimulait la croissance des microorganismes nitrifiants 15 jours après son application. Ce résultat est également similaire à celui de [8] qui révèlent que les couples endosulfan-diméthoate, profenofos-cyperméthrine et bifenthrine-acetamipride augmentent la biomasse microbienne.

L'intensification de la respiration avec baisse de biomasse microbienne au niveau de l'association pesticide et compost, peut paraître contradictoire. En réalité, l'augmentation de la respiration n'est pas due

au nombre des microorganismes mais à l'intensification de leur activité de dégradation.

Evaluation de l'effet des pesticides sur le Quotient respiratoire (qCO₂) du sol

A 30 et à 73 jours après semis, on observe par rapport au sol témoin, une baisse du quotient respiratoire du sol ayant reçu le couple engrais minéral/pesticide) tandis qu'on note une augmentation de celui du sol ayant reçu le couple compost/pesticide et ce, pour toutes les dates. La réduction du quotient respiratoire du sol ayant reçu le couple compost/pesticide indiquerait selon [18], une bonne efficacité de l'utilisation de la matière organique par les microorganismes du sol. A l'inverse, l'augmentation de la valeur du quotient respiratoire du sol ayant reçu l'association pesticides/compost révélerait une baisse de l'efficacité des microorganismes du sol à utiliser la matière organique [18] et signifierait un impact négatif de cette association sur les microorganismes. Les quotients respiratoires des sols cultivés et prélevés à 119 jours après semis sont plus élevés comparés à celui du sol témoin mis en jachère. On peut conclure que le sol en jachère, a une meilleure efficacité vis-à-vis de l'utilisation de sa matière organique par les microorganismes par rapport au sol sous culture, fertilisé et traité aux pesticides. Mais on note que pour le sol prélevé à 119 jours après semis, le sol fertilisé au compost montre une efficacité de l'utilisation de sa matière organique par les microorganismes avec une baisse de 41,9% de son qCO₂ comparativement au sol prélevé à 73 jours après semis. Pour les mêmes dates, le sol fertilisé à l'engrais minéral accroît le qCO₂ de 59,74%. On peut donc dire qu'à long terme, l'effet de l'association compost/pesticides sur le qCO₂ du sol est moins nuisible que celui de l'association engrais minéraux/pesticides.

Evaluation de l'effet des pesticides sur la densité des bactéries ammonifiantes

La mise en évidence de l'ammoniaque dans l'ensemble des extraits de sol des traitements y compris le sol témoin, indique la présence des bactéries ammonifiantes. Cela traduit le fait que les apports de pesticides n'ont pas

entraîné une élimination des microorganismes ammonifiants du sol. On peut conclure, que les doses des pesticides appliquées, sont insuffisantes pour produire un impact négatif. Ce résultat est semblable à celui de [16], qui montre que l'endosulfan, utilisé à la dose de 3 ppm n'affectait pas la microflore aérobie cultivable des sols.

CONCLUSION

L'utilisation courante des pesticides chimiques de synthèse, n'est pas sans conséquence néfaste sur l'activité microbienne globale du sol. La présente étude a montré que Les pesticides en présence de compost ou d'engrais minéraux stimulent la respiration du sol à 30 jours après semis et l'inhibent à 73 et 119 jours après semis. De même la présente étude a révélé que les pesticides en présence de compost accroissent le quotient respiratoire du sol pendant que les engrais minéraux associés aux pesticides le réduisent et ne l'activent qu'à 119 jours après semis. Cette perturbation de la vie édaphique est un risque important pour une productivité durable du sol dans la mesure où l'activité biologique est un indicateur de la « bonne santé » d'un sol. Une utilisation abusive et non maîtrisée des pesticides peut donc être un risque pour la dégradation de la fertilité du sol même si les doses apportées n'ont pas un effet d'élimination totale des groupes spécifiques de microorganismes tels que les bactéries ammonifiantes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- 1- Toé M.A., 2003. Limites maximales des résidus de pesticides dans les produits agricoles d'exportation dans trois pays du CILSS- Etude du Burkina Faso : Rapports techniques, 56 p.
- 2- Fournier E. & Bonderef J., 1983. Les produits antiparasitaires à usage agricole. Conditions d'utilisation et toxicologie. Tec. et doc. Lavoisier, Paris 1983, 334 p.
- 3- Ramade F., 1992. Précis d'écotoxicologie. Ed. Masson 11992, 302 p.
- 4- 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 de DESS ès

- science environnementale. Université de Ouagadougou/ C.E.P.A.P.E. 47 p.
- 5- Toé A.M.; Kinaré, M.L.; Koné, S. & Sanfo-Boyrm, E., 2004. Le non respect des bonnes pratiques agricoles dans l'utilisation de l'endosulfan comme insecticides en culture cotonnière au Burkina Faso: quelques conséquences pour la santé humaine et l'environnement. *Revue Africaine de Santé et de Production Animales*. 2 (3-4) : 275-278.
 - 6- Savadogo W.P., Traoré O., Topan M., Tapsoba K.H., Sedogo P.M. & Bonzi-Coulibaly L.Y., 2006. Variation de la teneur en résidus de pesticides dans les sols de la zone cotonnière du Burkina Faso. *Journal Africain des Sciences de l'Environnement* : 1 : 29-39. pp 29-39.
 - 7- Tejada A. W., Bayot R. G., Quintana B. B., Austria L. M., Bobiles S. C. & Villanueva A. G. R., 2001. Impact of continued use of profenofos on soil as a consequence of cotton crop protection. In: "Impact of long term pesticides usage on soil properties using radiotracer techniques". Proceeding of final research coordination meeting. Organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Hangzhou, Zhejiang, China, 24-28 May 1999: 165-172.
 - 8- Hussain A., Rafique Asi M., Iqbal Z. & Chaudhry J. A., 2001. Impact of heavy repeated long term pesticides applications on soil properties in a cotton agroecosystem. In: "Impact of long term pesticides usage on soil properties using radiotracer techniques". Proceeding of final research coordination meeting. Organized by the Joint FAO/IAEA Division of Nuclear Techniques in Food and Agriculture and held in Hangzhou, Zhejiang, China, 24-28 May 1999: 141-156.
 - 9- Wan Ho M. & Li Ching L., 2003. Independent Science Panel, The case for GM. Free sustainable world, Chapter 7, 136p.
 - 10- Behki R. et Khan S. U., 2001. Impact of repeated long term application of atrazine on soil properties and bound residues formation. In: "impact of long term pesticides usage on soil properties using radiotracer techniques". Proceeding of final research coordination meeting. Organized by the joint FAO/IAEA division of nuclear techniques in food and agriculture and held in Hangzhou, Zhejiang, china, 24-28 may 1999: 37-42.
 - 11- Lompo, D.J.P, 2007. Impact des résidus de pesticides sur la biologie des sols dans les agro systèmes cotonniers du Burkina Faso. Mémoire de Diplôme d'Etude Approfondie en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles (GIRN) Option : Sciences du sol, IDR, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 58p.
 - 12- Ouattara, B., 2005. Effets de deux herbicides du cotonnier sur l'activité biologique du sol. Mémoire de Licence Professionnelle. Institut du Génie de l'Environnement et du Développement Durable. Université de Ouagadougou. 46p.
 - 13- Girard et Rougieux 1967. Techniques de microbiologie agricole, Dunod 1967, 216p.
 - 14- Jenkinson, D.S., 1966. Studies on decomposition of plant materials in soil II. Partial sterilization of soil and the biomass. *Journal of soil science*. 17 : 280-302.
 - 15- Chaussod R., Zuvia M., Breuil M.-C., Hetier J.-M., 1992. Biomasse microbienne et statut organique des sols tropicaux: exemple d'un sol vénézuélien des llanos sous différents systèmes de culture. *Cah. ORSTOM, Ser. Pedol.*, XXVIII (1) : 59-67.
 - 16- Coulibaly K., 2006. Contribution à l'étude des effets de l'endosulfan sur les paramètres biologiques de trois types de sol en zone cotonnière du Burkina Faso. Mémoire d'ingénieur, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (idr). 53p.
 - 17- Sedogo P. M., 1993. Évolution des sols ferrugineux lessivés sous culture: incidence des modes de gestion sur la fertilité. Thèse Doct., Mention Sciences Naturelles, Univ.Nat., Côte d'Ivoire, 329p.
 - 18- Traoré S., Millogo J. R., Thiombiano L., Guinko S., 2007. Carbon and nitrogen enhancement in Cambisols and Vertisols by Acacia spp. in eastern Burkina Faso:

- Relation to soil respiration and microbial biomass. *Applied Soil Ecology*, **35**: 660–669
- 19- Calvet R., Terc E M. et Arvieu J. C., 1980. Adsorption des pesticides par les sols et leurs constituants. *Ann. Agron.* **31** : 33-385.
- 20- Mäder P., Peng S. et Fliessbach A., 2002. Effets des produits phytosanitaires sur les micro-organismes du sol. *VBB-Bulletin.* **6**: 6-7.