

Effets de la deltaméthrine et du profénofos sur la respiration du sol en présence d'amendements organiques en culture maraîchère

[Effects of deltamethrin and profenofos on soil respiration in the presence of organiques amendments in vegetables gardens]

Rayim Wendé Alice Naré¹⁻³, Paul Windinpsidi Savadogo¹, Brazi Abdul Anis Pharès Bicaba², Hassan Bismarck Nacro², and Michel Papaoba Sedogo¹

¹Laboratoire Sol-Eau-Plante. Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), Ouagadougou, Burkina Faso

²Laboratoire d'Etude et de Recherche sur la Fertilité des Sols (LERF), Université Polytechnique de Bobo Dioulasso (UPB), Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

³Département substances naturelles, Institut de Recherche en Sciences Appliquées et Technologies (IRSAT), Burkina Faso

Copyright © 2018 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: Soil management, such as organic amendments application, may play an important role in the effects of pesticide residues on soil microbial activity. In order to evaluate these effects, a field experiment was set up. Deltamethrin and profenofos were used for treatment and applied at the recommended dose. Manure, urban waste compost and green waste compost were provided at a rate of 20 t / ha. Respiratory activity was measured every hour. After 7 days of incubation, glucose, nitrogen and phosphorus were added. The interaction between organic amendments and pesticides have showed that only treatment with deltamethrin-manure have significantly decreased the basal respiration (RB) with 0.038 mg C-CO₂ g⁻¹ soil compared to the pesticide control (0.058 mg C-CO₂ g⁻¹ soil). Profenofos- cattle manure and profenofos-compost treatments have significantly inhibited SIR (Substrate Induction Respiration) compared to profenofos-control (0.097). Both deltamethrin and profenofos have significantly increased the lag time and maximal respiration compared to the control (P<0.05). The organic amendments and pesticides interaction have significantly reduced the lag time (11h), compared to the pesticide control (26h). Cattle manure has reduced microbial catabolism in the presence of deltamethrin, but urban waste compost and green waste compost have stimulated microbial catabolism (BR) and anabolism (SIR).

KEYWORDS: deltamethrin, profenofos, organic amendments, soil respiration.

RÉSUMÉ: Le mode de gestion des sols tel que l'application des amendements organiques, pourrait jouer un rôle important sur les effets néfastes des résidus de pesticides sur les activités microbiennes du sol. Afin d'évaluer ces effets, un essai en milieu réel a été mis en place. La deltaméthrine et le profénofos ont été utilisés pour le traitement et appliqués à la dose recommandée. Le fumier, le compost de déchets urbains et le compost de déchets verts ont été apportés à la dose de 20 t/ha. L'activité respiratoire a été mesurée chaque heure. Après 7 jours d'incubation, le glucose, l'azote et le phosphore ont été ajoutés. L'interaction entre les amendements organiques et les pesticides ont montré que seul le traitement deltaméthrine-fumier a entraîné une baisse significative de la respiration de base (RB) avec 0,038 mg C-CO₂ g⁻¹ de sol par rapport au témoin pesticide (0,058 mg C-CO₂ g⁻¹ de sol). Les traitements profénofos-fumier de bovin et profénofos-compost ont inhibé significativement la SIR (Substrat Induction Respiration) comparé au contrôle profénofos (0,097). Aussi bien la deltaméthrine que le profénofos, ont entraîné une augmentation significative du temps de latence et du temps maximal de respiration comparativement au témoin (P<0,05). L'interaction amendements organiques et pesticides a réduit significativement le temps de latence (11h), comparé au témoin pesticides (26h). Le fumier de bovin a réduit le catabolisme microbien (RB) en présence

de deltaméthrine, mais le compost de déchets urbains et le compost composé de déchets verts ont stimulé le catabolisme et l'anabolisme (SIR) microbien.

MOTS-CLEFS: deltaméthrine, profénofos, amendements organiques, respiration.

1 INTRODUCTION

Le sol est un système vivant et dynamique, avec une diversité de microflore, de mésofaune et de macrofaune. On y rencontre des bactéries, des actinomycètes, des champignons, des nématodes, des arthropodes, des crustacés et des vers de terre. Chacun de ces organismes vivant dans le sol joue un rôle essentiel d'une part dans la dégradation des résidus de plantes, d'animaux, et de certaines matières organiques et d'autre part, dans la fixation d'azote, la nitrification et la libération des nutriments dans le sol [1]. Ainsi, tout ce qui affecte la microflore et la mésofaune, pourrait affecter la fonction du sol dans les cycles du carbone, du phosphore et de l'azote. Aussi, les activités enzymatiques et respiratoires sont affectées par les résidus de pesticides et constituent à cet égard de bons indicateurs biochimiques de l'impact des substances chimiques sur les fonctions biologiques du sol [2]. En effet, [3] ont rapporté que la déshydrogénase est inhibée par les insecticides dans le sol. Selon [4], le chlorpyrifos et le quinalfos inhibent l'activité de la déshydrogénase. [5], ont montré que l'activité de la déshydrogénase est stimulée en présence de pesticides. [6] ont montré que, les impacts des pesticides sur les activités microbiennes du sol dépendent de plusieurs facteurs tels que le pH, la matière organique du sol, la teneur en argile, la température, le type et la dose de pesticide appliquée.

La décomposition de la matière organique en éléments minéraux améliore la fertilité des sols. Des études ont montré que les amendements organiques sont une source supplémentaire de micro-organismes, et stimulent plusieurs activités enzymatiques [7] et respiratoires [8] du sol. Dans la présente étude, trois amendements organiques (fumier, compost de déchet vert et compost de déchet vert enrichi) ont été testés afin d'estimer leur efficacité dans le maintien de l'activité respiratoire du sol contaminé par les pesticides.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 DESCRIPTION DU SITE D'ÉTUDE

Le site de Boulmiougou (Alti 312 m N 12°20'01,4'' W 01°35'12,1'') a été choisi comme site d'étude à cause de la forte intensité de l'activité maraîchère qui s'y mène. Le site de production maraîchère de Boulmiougou est l'un des plus grands sites de la ville de Ouagadougou. Il a été créé en 1978, et couvre 78 ha environ. Il regroupe plus de quatre cent (400) producteurs dont la plupart sont membres d'un groupement. Le site est situé à proximité du barrage N°1 de Ouagadougou, et l'eau utilisée pour l'irrigation provient du barrage ou des puits creusés sur le site.

2.2 DISPOSITIF EXPÉRIMENTAL

Dans ce site, le dispositif expérimental a été installé chez quatre producteurs. Chaque producteur étant considéré comme un bloc. Il s'agissait d'un dispositif factoriel avec deux facteurs principaux : (i) Pesticides [Decis 17,5UL contenant 17,5 g/l de Deltaméthrine et le Calfos 375 EC contenant 375 g/l de profénofos] ; (ii) Source de matière organique [compost de déchet vert ; compost de déchet urbain + Burkina phosphate + fumier de bovin obtenu auprès de l'association des femmes productrices de compost du centre de traitement et de valorisation des déchets de Ouagadougou; le fumier de bovin obtenu dans les fermes d'élevage périurbains]. Les amendements organiques ont été appliqués à la dose recommandée de 20t/ha. Les pesticides ont été appliqués aux doses recommandées par les fabricants. Le dispositif expérimental a été mis en place en utilisant comme matériel végétal la variété Batavia de la laitue (*Lactuca sativa*). Le choix de la laitue se justifie par la forte pression des ravageurs sur cette spéculature, mais aussi par l'importance de sa production en culture maraîchère à Ouagadougou. Le travail du sol a été fait à la daba à une profondeur d'environ 10 cm, puis les amendements organiques, le NPK et l'urée ont été apportés et enfouis à la houe.

2.3 PRÉLÈVEMENTS ET TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS

Le prélèvement de sol dans les parcelles a été réalisé après la récolte de la laitue. Les échantillons ont été prélevés à la tarière dans la profondeur 0-20 cm. L'échantillonnage s'est fait sur 6 points repartis de façon aléatoire sur la parcelle. Les

échantillons ont été conditionnés dans des sachets plastiques, immédiatement transportés au laboratoire et congelés jusqu'au dosage des résidus de pesticide. Pour les analyses physiques et chimiques, les échantillons ont été séchés à l'air libre et à l'ombre avant d'être tamisés à 2 mm.

2.4 CARACTÉRISTIQUES CHIMIQUES DU SOL ET DES AMENDEMENTS ORGANIQUES

Le pH eau a été mesuré au pH-mètre par la méthode électrométrique. Selon les normes [9] le rapport sol/eau était de 1/2,5 pour le sol et dans un rapport fumure /Eau de 1/5 pour le fumier. Le carbone total a été dosé par la méthode [10].

Les dosages de l'azote total et du phosphore total ont été fait selon la méthode de Kjeldhal par attaque acide [11].

Les analyses granulométriques ont été effectuées selon la méthode internationale de Robinson après destruction de la matière organique du sol au peroxyde d'hydrogène et dispersion des argiles à l'hexametaphosphate de sodium [12].

Tableau 1. Caractéristiques chimiques des amendements organiques utilisés à Boulmiougou

Facteurs	pHeau	Ct		Pt		Kt
		g kg ⁻¹		mg kg ⁻¹		
FB	8,87	345,2	22,653	2342,8	6570,70	
BP+DU+FB	8,18	345,0	22,469	20010,0	6587,00	
DU	8,30	313,4	25,643	2342,8	3478,91	

FB: Fumier de bovin; BP+DU+ FB: Burkina Phosphate+Déchet urbain+Fumier de bovin; DU: déchet urbain

2.5 EXTRACTION ET DOSAGE DES RÉSIDUS DE PESTICIDES

L'extraction des résidus de pesticides dans les échantillons de sols a été faite selon la méthode de [13]. Dix (10) g de sol ont été mis en contact avec 50 ml d'une solution mixte de n-hexane / isopropanol, dans le rapport 3/1. Après une agitation vigoureuse de l'ensemble, 10 ml du surnageant ont été prélevés et introduit dans une ampoule à décanter contenant 15 ml d'eau distillée. L'ensemble a été agité et la phase organique après décantation a été recueillie et traitée avec du sulfate de sodium anhydre (Na₂SO₄). Les extraits contenant les pesticides ont été dosés par chromatographie en phase gazeuse à l'aide d'un chromatographe HP 7890A, muni d'une colonne HP-5 (25 m x 0,2 mm x 0,11 µm) ou d'une colonne CP SIL 19CB et doté d'un détecteur ECD ou FID, le tout piloté par un ordinateur et intégré par un logiciel de traitement de chromatogrammes Chemstation.

2.6 MESURE DE L'ACTIVITÉ RESPIRATOIRE

L'activité des micro-organismes du sol a été déterminée par mesure de la respiration du sol (dégagements de gaz carbonique, CO₂). Une prise d'essai de dix grammes (10 g) de sol humidifiée au 2/3 de la capacité maximale de la rétention d'eau du sol, a été placée dans un bocal du RESPICOND VI contenant un piège à CO₂, constitué de 10 ml de KOH 0,1 N. Le RESPICOND VI est un appareil automatique qui mesure l'évolution des dégagements de CO₂ en le piégeant dans le KOH. Il en résulte une diminution de la conductance de la solution de KOH, qui est mesurée à l'aide d'électrodes de platine dans chaque bocal d'incubation. Chaque bocal d'incubation est relié à un ordinateur qui enregistre chaque heure, la quantité de CO₂ dégagée, le cumul de CO₂ et la conductance. La quantité de CO₂ dégagée est exprimée en mg C-CO₂ par heure. Les échantillons ont été humidifiés et incubés. Au 5ème jour de l'incubation, la vitesse de respiration des micro-organismes étant devenue stable, la moyenne horaire des quantités de C-CO₂ dégagées pendant ces 5 jours d'incubation a été calculée. Elle représente la respiration de base (RB) de chaque échantillon. Après ces 5 jours d'incubation, il a été procédé à l'apport de substrat composé d'un mélange de 0,15 g de glucose (source de carbone), de 24,5 mg de (NH₄)₂SO₄ (source d'azote), de 3,75 mg de KH₂PO₄ (source de phosphore et de potassium). Le CO₂ dégagé, a été mesuré pendant 72 heures, puis la respiration induite par le substrat (SIR), le temps de latence, et le maximum de respiration (Rmax) ont été déduits.

L'activité respiratoire évolue suivant le modèle de [14] (Figure 1).

2.7 ANALYSE STATISTIQUE

Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA). Le logiciel XLstat 2010 a été utilisé à cet effet. La séparation des moyennes a été effectuée par le test de Tukey au seuil de 5%.

3 RESULTATS

3.1 CARACTÉRISTIQUES PHYSIQUES ET CHIMIQUES DES SOLS

Les résultats d'analyses des caractéristiques physiques et chimiques du sol de Boulmiougou montrent que le sol a un pH légèrement acide (6,28) avec une teneur en carbone total de 19,6 g kg⁻¹ (tableau 2). Le rapport C/N est de l'ordre de 16 avec une concentration en phosphore et en potassium respectivement de 671,2±0,02 et 654,86±55,8 mg kg⁻¹ (Tableau 2).

Tableau 2. Caractéristiques physiques et chimiques des sols des sites de Boulmiougou

Paramètres	Boulmiougou sous culture
Argile%	24,50
Limon fin %	08,25
Limon grossier%	21,30
Sable fin%	25,26
Sable grossier%	20,69
pHeau	6,28±0,85
C (g kg ⁻¹)	19,6±0,07
N (g kg ⁻¹)	1,212±8,05
C/N	16,17
Pt (mg kg ⁻¹)	671,20±0,02
Kt (mg kg ⁻¹)	654,86±55,80

3.2 ANALYSE DES RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS LES SOLS DE BOULMIOUGOU

Les résultats ont montré une absence de résidus de la deltaméthrine et du profénofos dans les sols de Boulmiougou. Les molécules de pesticides ont été totalement dégradées. Toutefois le dosage des résidus de pesticides organochlorés dans les échantillons de sols, a révélé la présence de traces (Tableau 3). Les organochlorés retrouvés sont le β-endosulfan (entre 0,00010445 et 0,018353 µg g⁻¹ de sol), l'endosulfan sulfate (entre 0,00023215 et 0,0245535 µg g⁻¹ de sol), le DDD (entre 0,00020775 et 0,231812 µg g⁻¹ de sol), et l'isodrin (entre 0,00031705 et 0,377285 µg g⁻¹ de sol) et le β-HCH (entre 0,0003131 et 0,00453535 µg g⁻¹ de sol).

Tableau 3. Teneur des résidus de pesticides dans le sol de Boulmiougou

Traitement		Concentration µg g ⁻¹ de sol					
		Deltaméthrine et Profénofos	Beta-HCH	Isodrin	O, p -DDD	Beta-endosulfan	Endosulfan sulfate
Deltaméthrine	FB	<LD	0,0003131	0,00031705	0,00020775	0,00010445	0,00023215
	DU	<LD	0,0014315	0,0012025	0,001215	0,00033	0,0007495
	FB+BP+DU	<LD	0,00156	0,004925	0,000763	0,000179	0,000409
	SA	<LD	0,000968	0,377285	0,231812	0,0030555	0,0083455
Profénofos	FB	<LD	0,002049	0,000487	0,0017235	0,0003925	0,000957
	DU	<LD	0,00453535	0,001369	0,003774	0,000228	0,00034
	FB+BP+DU	<LD	0,0017464	0,0020965	0,004272	0,000132	0,000567
	SA	<LD	0,002125	0,0457545	0,175104	0,018353	0,0245535

DDD: dichlorodiphényldichloroéthane; HCH: hexachlorocyclohexane

SA: Sans amendement organique; FB: Fumier de Bovin; BP: Burkina Phosphate; DU: Déchets Urbains

3.3 IMPACTS DES PESTICIDES SUR L'ACTIVITE RESPIROATOIRE DU SOL EN PRESENCE D'AMENDEMENTS ORGANIQUES

3.3.1 IMPACTS DES PESTICIDES SUR LA RESPIRATION DE BASE ET LA RESPIRATION INDUITE PAR LE SUBSTRAT (SIR)

La deltaméthrine et le profénofos ont entraîné une baisse de la Respiration de Base (RB) par rapport au témoin. Les résultats montrent une RB de 0,0058 mgC-CO₂g⁻¹h⁻¹ pour la deltaméthrine, 0,0059 mgC-CO₂g⁻¹h⁻¹ pour le profénofos et 0,067 mgC-CO₂g⁻¹h⁻¹ pour le témoin. Cependant, cette baisse n'est pas significative. L'interaction amendement organique et deltaméthrine montre que seul le fumier (delta-fum) a entraîné une baisse significative de la RB (0,0038 mgC-CO₂g⁻¹h⁻¹) par rapport au contrôle pesticide (contrôle delta) (0,0058 mgC-CO₂g⁻¹h⁻¹). L'interaction entre les amendements organiques et le profénofos ne montre aucune différence significative entre les traitements et le contrôle. Cependant, les valeurs numériques montrent une baisse de la respiration de base en présence d'amendement organique. En effet, les traitements amendement organique - profenofos montrent une respiration de base variant entre 0,0049 et 0,0052 mgC-CO₂ g⁻¹ h⁻¹, alors que le contrôle profénofos a une respiration de 0,0059 mgC-CO₂g⁻¹h⁻¹. Pour les deux pesticides, en présence d'amendement organique, les plus faibles valeurs sont obtenues avec le fumier (0,0049 pour le prof-fum et 0,0038 pour la delta-fum).

La deltaméthrine et le profénofos ont eu des effets significatifs (P<0,05) sur la respiration induite par le substrat par rapport au témoin. La plus grande SIR a été obtenue avec le contrôle profénofos (0,097 mg C-CO₂ g⁻¹ de sol), qui a stimulé significativement la SIR, tandis que le contrôle deltaméthrine (0,054 mg C-CO₂ g⁻¹ de sol) a inhibé aussi significativement la SIR comparé au témoin (0,074 mg C-CO₂ g⁻¹ de sol). L'interaction profénofos-amendement organique, montre une baisse significative (P<0,05) comparé au témoin. Cependant une exception dans le cas prof-DU où la différence n'est pas significative (P>0,05) comparativement au contrôle profénofos. L'interaction deltaméthrine-amendement organique a entraîné une hausse significative (P<0,05) comparée au contrôle deltaméthrine (Tableau 4). Avec les deux pesticides, la plus grande valeur de SIR a été obtenue en présence de fumier (0,070 pour le prof-fum et 0,065 pour la delta-fum).

Tableau 4. Impacts des pesticides et des amendements organiques sur la respiration de base et respiration induite par le substrat (SIR) du sol

Traitement	RB mg C-CO ₂ h ⁻¹ g ⁻¹ de sol	SIR (mg C-CO ₂ g ⁻¹ de sol)
prof+comp	0,0051 ^{abc} ± 0,014	0,046 ^{ab} ± 0,017
prof+DU	0,0052 ^{abc} ± 0,00096	0,052 ^{bc} ± 0,023
prof+fum	0,0049 ^{abc} ± 0,00041	0,070 ^a ± 0,0046
contrôle prof	0,0059 ^c ± 0,00031	0,097 ^c ± 0,090
delta+comp	0,0044 ^{abc} ± 0,00035	0,059 ^{ab} ± 0,036
delta+DU	0,0042 ^{ab} ± 0,00021	0,039 ^{ab} ± 0,022
delta+fum	0,0038 ^a ± 0,00032	0,065 ^{ab} ± 0,061
contrôle delta	0,0058 ^{bc} ± 0,00057	0,054 ^d ± 0,015
Témoin	0,0067 ^c ± 0,0005	0,074 ^a ± 0,056

Dans une même colonne, les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au niveau de probabilité de 5% SA: Sans amendement organique; FB: Fumier de Bovin; BP: Burkina Phosphate; DU: Déchets Urbains; Contrôle delta: deltaméthrine sans amendement organique; Contrôle prof: profénofos sans amendement organique ; Témoin: sans amendement organique et sans pesticide

3.3.2 EFFETS DES PESTICIDES SUR LE TEMPS DE LATENCE, LE TEMPS MAXIMAL DE RESPIRATION EN PRÉSENCE D'AMENDEMENTS ORGANIQUES

Les pesticides ont augmenté le temps de latence comparativement au témoin, mais cette augmentation est seulement significative en présence de la deltaméthrine (P>0,05). Les valeurs sont de 30 h pour le contrôle profénofos, et de 34 h pour le contrôle deltaméthrine, par contre, le témoin a un temps de latence de 26 h (Tableau 5). L'interaction amendement organique-pesticide a entraîné une réduction significative du temps de latence comparativement aux contrôles pesticide (P>0,05). En effet le temps de latence en présence d'amendements organique et de pesticide est d'environ de 11h et de 32 h pour le contrôle pesticide (Tableau 5 et Figure 2). Aucune différence significative n'a été obtenue entre les parcelles amendées, quel que soit le pesticide utilisé.

Le temps maximal de respiration a été significativement prolongé en présence de deltaméthrine par rapport au témoin, respectivement de 47 h pour la deltaméthrine et de 37,75 h pour le témoin. L'interaction amendements organiques-pesticides n'a pas eu d'effet significatif par rapport aux contrôles pesticides excepté le cas de la delta-DU (Tableau 6). On a observé des valeurs de temps max plus élevées avec la deltaméthrine (36,75-41,5 h) qu'avec le profénofos (36,25-37,75 h).

Tableau 5. Effets des pesticides sur le temps de latence et le temps maximal de respiration en présence d'amendements organiques

Traitement	Temps lat (h)	Temps max (h)
prof+comp	10,75 ^a ± 0,95	37,75 ^a ± 1,75
prof+DU	11,25 ^a ± 1,25	37,75 ^a ± 1,5
prof+fum	10,75 ^a ± 1,25	36,25 ^a ± 2,87
Contrôle prof	30,00 ^{bc} ± 1,85	44,25 ^{ab} ± 2,06
delta+comp	11,00 ^a ± 0,81	39,75 ^{ab} ± 0,50
delta+DU	10,75 ^a ± 0,50	36,75 ^a ± 2,36
delta+fum	12,00 ^a ± 1,41	41,50 ^{ab} ± 1,91
Contrôle delta	34,00 ^c ± 1,41	47,00 ^b ± 0,81
Témoin	26,25 ^b ± 8,65	37,75 ^a ± 9,60

Dans une même colonne, les valeurs affectées d'une même lettre ne sont pas significativement différentes au niveau de probabilité de 5%. SA: Sans amendement organique; FB: Fumier de Bovin; BP: Burkina Phosphate; DU: Déchets Urbains; Contrôle delta: deltaméthrine sans amendement organique; Contrôle prof: profénofos sans amendement organique; Témoin: sans amendement organique et sans pesticide

4 DISCUSSION

4.1 LES RÉSIDUS DE PESTICIDES DANS LES SOLS DE BOULMIOUGOU

L'absence de la deltaméthrine et du profénofos dans les sols analysés, pourrait être expliquée par la nature de la matière active. En effet, le temps de demi-vie de la deltaméthrine dans le sol est de 12 à 50 jours selon la température et la teneur en matière organique du sol. Pour le profénofos, le temps de demi-vie est estimé à 4,5 jours. Ceci pourrait expliquer le fait que les deux pesticides se soient complètement dégradés dans le sol. En plus des amendements organiques que nous avons apportés, les sols maraîchers ont longtemps bénéficié d'apport de matières organiques, ce qui pourrait contribuer à augmenter le taux de dégradation des pesticides dans le sol. Aussi, la possibilité de rétention irréversible des pesticides par la matière organique du sol peut expliquer son absence dans nos extraits. En effet, la rétention des pesticides par la matière organique du sol se fait sur les groupements fonctionnels à travers différentes liaisons qui peuvent être irréversibles [15]. Les organochlorés que nous avons retrouvés dans les échantillons de sol, ne sont plus utilisés de nos jours car interdit par le Comité Sahélien des Pesticides (CSP), et de plus en plus introuvables sur le marché local. L'efficacité des organochlorés en particulier le DDT, a été toutefois démontrée dans le passé [16], et ces produits étaient beaucoup utilisés dans l'agriculture. Cela expliquerait la présence de résidus de pesticides organochloré dans le sol. L'endosulfan et ses produits de dégradation qui ont été retrouvés dans les échantillons de sol, sont persistants dans l'environnement avec une demi-vie allant de 03 mois à plusieurs années [17]. Cela est en conformité avec les résultats de [18] qui ont montré que la dégradation de l'endosulfan dans le sol est fonction du taux de matière organique dans le sol. Nous pouvons alors affirmer que l'apport d'amendements organiques dans notre étude a favorisé la dégradation de l'endosulfan dans le sol. En effet, de par sa constitution, la matière organique apporte une biomasse supplémentaire aux sols (actinomycètes, bactéries, faunes) qui est susceptible d'accélérer la dégradation des pesticides dans les sols.

4.2 IMPACTS DES PESTICIDES SUR L'ACTIVITÉ RESPIRATOIRE DU SOL EN PRÉSENCE D'AMENDEMENTS ORGANIQUES

Les résultats de notre étude ont montré une baisse de l'activité respiratoire en présence de pesticide par rapport au témoin sans pesticide, mais cela n'est pas significatif. Cela pourrait s'expliquer par le fait que la deltaméthrine et le profénofos ont inhibé l'activité respiratoire du sol. En effet, les pesticides peuvent être toxiques pour les microorganismes du sol, entraînant une baisse de leur activité. Nos résultats sont en accord avec ceux d'une étude de l'Agence International de l'Energie Atomique

(IAEA) qui a montré que le profénofos n'a pas d'effet significatif sur la respiration basale du sol et sur la respiration induite par le substrat (SIR) [19].

L'interaction amendement organique-pesticide a entraîné une baisse de la respiration basale par rapport aux contrôles pesticides. Les amendements organiques auraient inhibés la dégradation des pesticides par une forte rétention, ou auraient stimulé la dégradation, entraînant la formation des produits de dégradation plus toxiques que la molécule mère. En effet, [20] ont montré que les produits de dégradation de certains pesticides sont plus toxiques que la molécule de départ. La SIR a été aussi inhibée par les amendements organiques en présence de profénofos. Les plus faibles valeurs pour les deux pesticides ont été obtenues en présence de fumier, stipulant que le fumier a joué un rôle négatif dans l'impact de la deltaméthrine et du profénofos sur la respiration microbienne. La rétention des pesticides par le fumier est parfois suivie d'une dégradation ou d'une réduction de l'accessibilité des pesticides par les micro-organismes pouvant dégrader ces derniers [21]. L'impact de la rétention sur le devenir des pesticides variait d'un pesticide à un autre. En effet, [14] a été rapporté que la rétention du glyphosate est suivie par sa minéralisation, libérant ainsi des éléments nutritifs comme l'azote, le carbone et le phosphore dans le sol.

Le temps de latence et le maximum de respiration traduisent la modification ou non de la physiologie et de l'anabolisme de la population microbienne. Nous avons obtenu des temps de latence plus élevés avec les contrôles pesticides (traité avec des pesticides) comparé au sol témoin. La même tendance a été obtenue avec le temps maximal. Cela s'expliquerait par la présence des produits de dégradation des pesticides dans le sol traité avec les pesticides. En effet, des études réalisées par [14], [22] ont montré que le temps de latence augmente avec la quantité de résidus ou la toxicité des pesticides dans le sol, et que les pesticides en général modifient la physiologie des micro-organismes dans le sol. Les paramètres de l'anabolisme tel que le temps de latence et le temps maximal de respiration, montrent une baisse des processus d'anabolisme en présence de pesticides et une augmentation en présence d'amendement organique. Nos résultats traduisent une diminution des effets des pesticides sur l'anabolisme microbien du sol en présence d'amendements organiques. Les amendements organiques sont une source supplémentaire de nutriments. L'apport de ces derniers augmenterait la quantité de nutriments pour la croissance des micro-organismes du sol. Des résultats similaires ont été rapportés par [14], qui a montré que l'adsorption du glyphosate par la goethite diminue les effets de ce pesticide sur l'anabolisme des micro-organismes du sol. Nous pouvons donc affirmer que l'utilisation des amendements organiques permettrait de diminuer les effets des pesticides sur l'anabolisme des micro-organismes, mais réduit leur catabolisme.

5 CONCLUSION

L'objectif du présent travail était de déterminer l'impact des pesticides sur l'activité microbienne du sol en présence d'amendements organiques en culture maraîchère au Burkina Faso. De nos résultats, nous pouvons conclure que certains amendements organiques contribuent à réduire les effets des pesticides sur l'activité microbienne du sol. Le fumier contribue à la réduction du catabolisme microbien, contrairement aux autres amendements organiques. En général, les amendements organiques permettent de rétablir la physiologie des micro-organismes du sol après perturbation par les pesticides. Pour une agriculture durable, nous recommandons de faire une étude sur les interactions entre les pesticides utilisés au Burkina Faso et les différents constituants du sol et les impacts de leur interaction sur la fertilité des sols. Pour une remédiation des sols pollués par les pesticides, il est donc possible d'utiliser les amendements organiques ou de les associer avec d'autres méthodes.

REFERENCES

- [1] R. N. Doetsch and T. M. Cook, "Eds, Introduction to Bacteria and Their Ecobiology.," *Univ. Park Press. Balt. Maryland, USA*, 1974.
- [2] F. Sannino and L. Gianfreda, "Pesticide influence on soil enzymatic activities," *Chemosphere*, vol. 45, pp. 417–425, 2001.
- [3] M. Tejada and I. Gomez, "Use of organic amendments as a bioremediation strategy to reduce the bioavailability of chlorpyrifos insecticide in soils. Effects on soil biology," *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, vol. 74, pp. 2075–2081, 2011.
- [4] P. Menon, M. Gopal, and R. Parsad, "Effects of chlorpyrifos and quinalphos on deshydrogenase activities and reduction of Fe³⁺ in the soil of two semi-arid fields of tropical Indian," *Agr, Eco, Env*, vol. 108, pp. 73–83, 2005.
- [5] S. Fragoeiro and N. Magan, "Impact of *Trametes versicolor* and *Phanerochaete chrysosporium* on differential breakdown of pesticide mixtures in soil microcosms at two waterpotentials and associated respiration and enzyme activity," *Int. Biodeterior. Biodegrad.*, vol. 62, pp. 376–383, 2008.
- [6] I. S. Kim, L. A. Beaudette, J. H. Shim, J. T. Trevors, and Y. T. Suh, "Environmental fate of the triazole fungicide propiconazole in a rice-paddy-soil lysimeter.," *Plant Soil*, vol. 239, pp. 321–331, 2002.

- [7] E. C. M. Fernandes, P. P. Motavalli, C. Castilla, and L. Mukurumbira, "Management control of soil organic matter dynamics in tropical land-use systems," *Geoderma*, vol. 79, no. 1–4, pp. 49–67, 1997.
- [8] A. D. Peacock, M. D. Mullen, D. B. Ringelberg, D. D. Tyler, D. B. Hedrick, P. M. Gale, and D. C. White, "Soil microbial community responses to dairy manure or ammonium nitrate applications," *Soil Biol. Biochem.*, vol. 33, pp. 1011–1019, 2001.
- [9] AFNOR, "Détermination du pH. NF ISO 103 90. In : AFNOR (Association Française de Normalisation) Qualité des sols," *Paris*, pp. 339–348, 1981.
- [10] A. Walkley and I. A. Black, "An examination method of the detjareff and a proposed modification of the chromic acid titration method.," *Soil Sci.*, vol. 37, pp. 29–38, 1934.
- [11] W. F. Hillebrand, G. E. F. Lundell, H. A. Bright, and J. I. Hoffman, "Applied inorganic analysis," 2nd ed. *John Wiled Sons, Inc., New York, USA.*, p. 1034 p, 1953.
- [12] C. Mathieu and F. Pieltain, "Analyse Physique des Sols: Méthodes Choiesies.," *Lavoisier Tec Doc, Paris*, p. 275 p, 1998.
- [13] N. Åkerblom, "Agricultural pesticide toxicity to aquatic organisms: a literature review," *Sveriges Lantbruks Univ., Uppsala*, p. 31, 2004.
- [14] Y. Schnurer, "Influence of soil properties and organic pesticides on soil microbial metabolism," *Ph.D Thesis. Acta Univ. Agric. Sueciae. Dr. thesis n° 2006 118. Dep. For. Ecol. Manag. Umeå, Sweden.*, 2006.
- [15] S. N. Reddy, S. Gupta, and V. T. Gajbhiye, "Adsorption-desorption and leaching of pyraclostrobin in Indian soils," *J. Environ. Sci. Heal. Part B*, vol. 48, no. 11, pp. 948–959, 2013.
- [16] PAN/CTA, "Pesticides et Agriculture Tropical : Dangers et Alternatives ," 1993.
- [17] N. Awasthi, R. Ahuja, and A. Kumar, "Factors influencing the degradation of soil applied endosulfan isomers," *Soil Biol. Biochem.*, vol. 32, no. 11–12, pp. 1697–1705, 2000.
- [18] P. W. Savadogo, F. Lompo, Y. L. Bonzi-Coulibaly, A. S. Traoré, and P. M. Sedogo, "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," *J. Soc. Ouest-Afr. Chim.*, vol. 26, pp. 79–87, 2008.
- [19] IAEA, "Impact of long term pesticide usage on soil properties using radiotracer techniques," *Proc. a Final Res. Coord. Meet. Organ. by Jt. FAO/IAEA Div. Nucl. Tech. Food Agric. held Hangzhou, Zhejiang, China*, 1999.
- [20] U. Bajwa and K. S. Sandhu, "Effect of handling and processing on pesticide residues in food- a review.," *J. Food Sci. Technol.*, vol. 52, no. 2, pp. 201–220, 2014.
- [21] R. S. Kookana, "The role of biochar in modifying the environmental fate, bioavailability, and efficacy of pesticides in soils: a review," *Aust. J. Soil Res.*, vol. 48, no. 6–7, pp. 627–637, 2010.
- [22] J. D. Martins, M. C. Madeira-Antunes, A. S. Jurado, and V. M. C. Madeira, "Use of the microorganism *Bacillus stearothermophilus* as a model to evaluate toxicity of the lipophilic environmental pollutant Endosulfan," *Toxicol. Vitr.*, vol. 17, pp. 595–601, 2003.