



La macrofaune du sol améliore l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les microorganismes

Jean OUEDRAOGO ^{(1)*}, Élisée OUEDRAOGO ⁽²⁾, Hassan Bismarck NACRO ⁽¹⁾,

¹ Institut du Développement Rural, Laboratoire d'étude de recherche sur la fertilité des sols, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso,

² Banque Mondiale, 01 BP 622 Ouagadougou 01, Burkina Faso

* Auteur correspondant : jeanouedraogo84@yahoo.fr

Original submitted in on 5th April 2017. Published online at www.m.elewa.org on 30th June 2017
<https://dx.doi.org/10.4314/jab.v114i1.8>

RESUME

Objectifs : Une étude a été conduite en zone semi-aride du Burkina Faso sur un lixisol pour évaluer l'impact de la macrofaune et deux matières organiques de qualité contrastée, sur la biomasse et la respiration microbienne.

Méthodologie et résultats : Un dispositif en split-plot avec trois répétitions a été utilisé. Les parcelles principales sont les parcelles avec macrofaune et les parcelles sans macrofaune du sol. Les parcelles secondaires sont constituées de quatre (04) modes de gestion de la fertilité du sol et une parcelle témoin. Les résultats montrent que la suppression de la macrofaune a entraîné une augmentation significative de la respiration microbienne (16%) et du quotient métabolique (11%). Par contre, elle n'a pas eu d'effet significatif sur la biomasse microbienne. Les modes de gestion de la fertilité ont influencé significativement le quotient métabolique.

Conclusions et application des résultats : Ces résultats ont montré que la présence de la macrofaune permet d'améliorer l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les microorganismes. Aussi, l'usage de compost seul (matière organique bien décomposée) ou la combinaison de tiges à l'urée, permet-elle d'optimiser l'activité et le développement des microorganismes en présence de la macrofaune du sol. Dans les systèmes de cultures à faibles intrants externes, la préservation de la macrofaune dans les sols agricoles pourrait améliorer la nutrition minérale des cultures à travers une meilleure synchronisation entre la minéralisation de la matière organique et les besoins des cultures. Cette préservation de la macrofaune passe par la promotion de l'agroécologie.

Mots clés : Fertilité des sols, Agroécologie, Activité microbienne, Matière organique du sol, Burkina Faso.

ABSTRACT

Objectives : A study was conducted in a semi-arid zone of Burkina Faso on lixisol to evaluate the impact of soil macrofauna and two of organic matter with contrasting quality on biomass and microbial respiration.

Methodology and results: A split-plot design with three repetitions was used. The main plots are the plots with soil macrofauna and the plots without soil macrofauna. The secondary plots consist of four (04)-soil fertility management and one control plot. The results show that suppression of macrofauna resulted in a significant increase in microbial respiration (16%) and metabolic quotient (11%). On the other hand, it had

no significant effect on microbial biomass. Fertility management patterns significantly influenced the metabolic quotient.

Conclusions and application of results: These results have shown that the presence of macrofauna contributes to improvement of the efficiency of the use of energy by microorganisms. Thus, the use of compost alone (well-decomposed organic matter) or the combined use of straws and urea, allows optimization of the activity and development of microorganisms in the presence of soil macrofauna. In low external input cropping systems, the preservation of macrofauna in agricultural soils could improve the mineral nutrition of crops through better synchronization between the mineralization of organic matter and the needs of crops. This preservation of the macrofauna requires the promotion of agroecology.

Key words : Soil fertility, Agroecology, Microbial activity, Soil organic matter, Burkina Faso.

INTRODUCTION

La nécessité d'accroître la production pour satisfaire les besoins grandissants de la population, s'est traduite par des modifications dans l'utilisation des agrosystèmes (Masse, 2007). Au Burkina Faso comme partout en Afrique subsaharienne, on a assisté à un accroissement des surfaces cultivées, avec un raccourcissement ou une disparition de la jachère. Combinés à une agriculture minière (Bationo *et al.*, 2012), ces facteurs ont aggravé le déficit en nutriments des sols. Le corolaire est la baisse continue des rendements agricoles, posant ainsi un problème de sécurité alimentaire. L'intensification agricole nécessaire pour répondre à l'impératif d'une agriculture productive et durable, passe une amélioration de la fertilité des sols et une utilisation de plus raisonnée des pesticides chimiques de synthèse pour lutter contre les ravageurs des cultures. L'amélioration de la fertilité des sols définit comme un carrefour multifonctionnel, présentant une organisation interne systématique et abritant une « exclusivité » terrestre (Gobat *et al.*, 2010), implique nécessairement une meilleure valorisation de la matière organique de diverse qualité (Ouedraogo, 2004 ; Kiba *et al.*, 2012). En effet, la matière organique constitue une source d'éléments nutritifs pour les cultures, et contribue à l'amélioration des propriétés biologiques et physico-chimiques du sol (Misra *et al.*, 2005) surtout dans les sols de l'Afrique Sub-Saharienne où la Kaolinite est l'argile dominante. La vitesse de décomposition de la matière organique dépend de sa qualité, notamment de son rapport C/N, de sa teneur en lignine et en polyphénol (Nacro, 1997 ; Tian *et al.*, 1997) et de l'activité des

microorganismes telluriques notamment la macrofaune, qui selon Bachelier (1978) est l'ensemble des animaux mesurant entre 4 et 80 mm et qui passent une partie importante de leur cycle biologique dans le sol. Cependant, la qualité et la quantité de la matière organique apportée au sol affecte les microorganismes (Konaté *et al.*, 2003 ; Doamba, 2009) responsables de la minéralisation et par conséquent, de la mise à disposition des nutriments aux cultures. Il est en effet reconnu que les microorganismes telluriques jouent un rôle déterminant dans le recyclage des éléments nutritifs, la facilitation des processus chimiques, et surtout dans l'amélioration des rendements (Konaté *et al.*, 2003 ; Ouedraogo *et al.*, 2004 ; Ouedraogo *et al.*, 2005 ; Lavelle *et al.*, 2006 ; Oberson *et al.*, 2006 ; Chapuis-Lardy *et al.*, 2009 ; Pey, 2010 ; Doamba *et al.*, 2011 ; Zida *et al.*, 2011 ; Traoré, 2012 ; Ouedraogo *et al.*, 2014 a et b). En outre, la diversité des organismes du sol et la relation entre ces organismes, permettent d'améliorer la résilience du sol. Selon Chantigny et Angers (2005), la population microbienne constitue le maillon final de la chaîne trophique du sol, par laquelle transitent le carbone et les éléments nutritifs des matières organiques, avant de redevenir disponibles pour les plantes. Elle remplit de ce fait une fonction essentielle et obligatoire de recyclage des matières organiques retournées au sol, et constitue également une source d'éléments nutritifs en réserve mobilisable à court terme. Ainsi, la population microbienne est à la fois un transformateur et un compartiment traversé par des flux d'énergie et d'éléments minéraux. La respiration et la biomasse microbienne jouent alors

un rôle important dans le cycle globale du carbone (Siyan et al., 2004 ; Nielsen et al., 2011). Par conséquent, dans les systèmes agricoles à faibles intrants, le maintien et la valorisation de la biodiversité du sol peuvent s'avérer particulièrement utiles (Giller et al., 1997). Il est alors à déplorer l'usage quasi généralisé des pesticides dans les systèmes de production agricole, vu que ceux-ci réduisent fortement la diversité et l'abondance de la vie du sol

(Nonguierma, 2006 ; Rashmi et al., 2009). Cette étude a donc été conduite pour d'une part, évaluer l'effet de la présence ou non de la macrofaune sur l'activité microbienne, et d'autre part, pour comprendre l'impact de l'interaction entre la macrofaune et des modes de gestion de fertilité des sols combinant l'urée et deux matières organiques de qualité contrastée sur l'activité et la biomasse microbiennes.

MATERIEL ET METHODES

Description du site : Le dispositif expérimental a été installé sur un Lixisol (WRB, 2006)) en zone nord soudanienne du Burkina Faso (entre 12° 08' 02" de latitude Nord et 1° 24' 54" de longitude Ouest). La saison des pluies couvre les mois de juin à septembre avec une pluviosité moyenne de 754,45 mm pour les dix dernières années (2003-2012), et caractérisée par une très faible variabilité interannuelle. Pour la

campagne 2010-2011, une pluviosité totale de 891,5 mm répartie en 45 jours a été mesurée. Elle montre un pic pour le mois d'août avec 286,6 mm d'eau. Les paramètres physico-chimiques de l'horizon de surface (0-20 cm) sont résumés dans le Tableau 1. Il s'agit d'un sol à texture limono-sableuse en surface, acide et pauvre en matière organique (moins de 1%). Le taux de saturation du complexe absorbant est moyen.

Tableau 1 : Caractéristiques physico-chimiques de l'horizon 0-20 cm du sol du site d'étude

Paramètres mesurés	Valeur
Argile (%)	8,67
Limons fins (%)	6,33
Limons grossiers (%)	25,58
Sables fins (%)	20,80
Sables grossiers (%)	38,62
Matière organique totale (%)	0,84
Carbone total (%)	0,49
Azote total (%)	0,04
C / N	11,67
Phosphore total (ppm)	85,00
Potassium total (ppm)	465,67
Potassium disponible (ppm)	82,27
Calcium (Ca ²⁺) (mEq / 100 g)	0,89
Magnésium (Mg ²⁺) (mEq / 100 g)	0,47
Potassium (K ⁺) (mEq / 100 g)	0,06
Sodium (Na ⁺) (mEq / 100 g)	0,10
Somme des bases (S) (mEq / 100 g)	1,52
Capacité d'échange (T) (mEq / 100 g)	2,36
Taux de saturation (S / T) (%)	64,00
pH – eau	6,06
pH–KCl	5,12

Source : CEAS (2008)

Dispositif expérimental : Le dispositif expérimental installé au cours de la campagne 2007-2008, un est Split-plot en blocs complètement randomisés à trois répétitions. Il comprend deux (02) traitements principaux (parcelles avec macrofaune et parcelles sans macrofaune), cinq (05) traitements secondaires qui sont constitués de quatre modes de gestion de la fertilité du sol : Compost (C) ; Compost + Urée (CU) ; Urée (U) ; Tiges + Urée (TU) et une parcelle Témoin (To) qui n'a reçu aucun apport de fertilisant. La matière organique (compost et tiges de sorgho) dont les

caractéristiques sont présentées dans le Tableau 2, a été appliquée à la dose de 4 tonnes de matières sèches/ha trois jours avant le semis ; l'urée à la dose de 30 kg N/ha, a été apportée au semis. Les parcelles élémentaires ont une superficie de 50 m² (5 m x 10 m). Une allée principale de 10 m sépare deux blocs consécutifs. Dans chaque bloc, les traitements principaux sont séparés par des allées secondaires de 5 m, et les traitements secondaires par des allées de 3 m.

Tableau 2 : Caractéristiques chimiques des tiges et du compost

Paramètres mesurés	Compost	Tiges
Matière organique totale (%)	19,80 ± 5,02	96,25 ± 0,35
Carbone total (%)	11,49 ± 2,91	55,83 ± 0,21
Azote total (%)	0,54 ± 0,03	0,20 ± 0,05
C/N	21	278
Phosphore total % (P ₂ O ₅)	0,39 ± 0,03	0,01 ± 0,00
Potassium total % (K ₂ O)	0,32 ± 0,02	0,68 ± 0,15
pH _{eau}	7,26 ± 0,18	6,18 ± 0,64

Source : CEAS, 2011

Destruction de la macrofaune du sol : La destruction de la macrofaune a été réalisée par application au sol de pesticides chimiques de synthèse : un organophosphoré à savoir le Chlorpyrifos-éthyl, connu au Burkina Faso sous le nom commercial de DADYRSBAN 4 E appliqué à la dose de 240 g.ha⁻¹, et un organochloré (Endosulfan commercialisé sous le nom de CALLIFAN 500 EC) à la dose de 250 g.ha⁻¹. Les applications des pesticides au sol ont été faites au semis, à 23 jours après semis (JAS) et à 54 JAS.

Échantillonnage de sol : Les échantillons de sol ont été prélevés à 60 JAS, pendant la période de formation des gousses de niébé. Dans l'aire utile de chaque parcelle élémentaire, un échantillon composite a été constitué à partir de cinq (05) prélèvements élémentaires dans l'horizon 0–20 cm à l'aide d'une tarière, et répartis selon les diagonales. Les échantillons ont d'abord été séchés à l'ombre, puis tamisés à l'aide d'un tamis de 2mm.

Évaluation de l'activité biologique globale du sol : L'activité biologique globale (C-CO₂ dégagé) du sol a été évaluée par la méthode du test respirométrique, par piégeage du CO₂ dans la soude et titrage par le HCl (Dommergues, 1960). Elle a consisté à incubé 100 g de sol tamisés à 2 mm et humidifiés au deux tiers de la capacité au champ, dans une étuve à 28±2 ° C. Ces échantillons sont placés initialement dans des bocaux d'un litre hermétiquement fermés et contenant un piège

à CO₂ constitué de 20 ml de soude 0,1 N et un flacon d'eau distillée (10 ml) pour humidifier le milieu. Un témoin par répétition a été placé dans les mêmes conditions pour tenir compte de la carbonisation initiale de la soude dans le bocal. Ce témoin est constitué uniquement d'un flacon contenant la même quantité de soude et d'un autre contenant de l'eau distillée. Le CO₂ piégé par la soude est précipité par 3 ml d'une solution de chlorure de baryum BaCl₂ (3%) et est dosé avec de l'acide chlorhydrique 0,1 N en présence de phénolphtaléine (indicateur coloré). Les dosages ont été faits quotidiennement durant la première semaine d'incubation, et tous les deux jours à partir du 8^{ème} jour et ce, jusqu'au 21^{ème} jour. La solution de soude est renouvelée après chaque dosage. La quantité (Q) de C-CO₂ dégagée par jour est obtenue par la formule suivante (Dommergues, 1960):

$$Q \text{ (mg / 100 g de sol)} = [V_{\text{HCl}} \text{ (blancs)} - V_{\text{HCl}} \text{ (traitement)}] \times 2,2$$

Avec : V_{HCl} (blancs) et V_{HCl} (traitement) étant respectivement les volumes moyens d'acide chlorhydrique utilisés pour le témoin et le traitement ; le coefficient 2,2 signifie que à 2,2 mg de CO₂ correspond 1 ml de HCl 0,1N (Dommergues, 1960; Segda, 2006).

Détermination de la biomasse microbienne : La détermination a été faite selon la méthode fumigation-incubation de Jenkinson et Powelson (1976). La fumigation a consisté, à déposer 100 g de sol dans un

dessiccateur contenant du chloroforme qui a été débarrassé de l'éthanol après plusieurs lavages à l'eau. À l'aide d'une pompe à vide, un vide a été créé dans le dessiccateur en vue de saturer l'atmosphère par les vapeurs de chloroforme. Après 24 heures de fumigation, les vapeurs de chloroforme sont évacuées. La fumigation tue les microorganismes et libère les composés organiques contenus dans leurs parois. Les échantillons de sol fumigés sont incubés à la température de $28 \pm 2^\circ\text{C}$ pendant 14 jours et le CO_2 dégagé a été mesuré au 7^e et au 14^e jour.

La biomasse microbienne a été estimée à l'aide de la formule utilisée par Fardoux *et al.* (2000):

$$BM \text{ (mg C/100 g de sol)} = \frac{F_{0-7} - F_{8-14}}{Kc}$$

F_{0-7} est le CO_2 dégagé entre 0^{ème} et 7^{ème} jours par les échantillons fumigés ;

F_{8-14} le CO_2 dégagé entre 8^{ème} et 14^{ème} jours par les échantillons fumigés;

Kc qui est égale 0,41 est le coefficient de proportionnalité représentant la fraction minéralisable de carbone en CO_2 proposé par Nicolardot *et al.* (1984).

Détermination du quotient métabolique et du taux de minéralisation GLOBAL : Les données collectées ont été utilisées pour le calcul du quotient respiratoire et du taux de minéralisation global.

Le quotient métabolique ou quotient respiratoire, est la quantité de carbone minéralisé par gramme de

biomasse microbienne et par jour. Elle a été déterminée en utilisant la formule suivante (Chaussod *et al.*, 1992) :

$$q\text{CO}_2 = \frac{C_{m(14)}}{14 \times BM}$$

- $q\text{CO}_2$ est le quotient métabolique, exprimé en $\text{mg C-CO}_2/\text{g de C-Biomasse Microbienne/ Jour}$ - $C_m(14)$ est le carbone minéralisé pendant 14 jours d'incubation

- BM est la biomasse microbienne exprimée en $\text{mg C}/100\text{g de sol}$

- 14 est le nombre de jours d'incubation

Le taux de minéralisation global est le rapport entre C-CO_2 dégagé cumulé et la teneur en carbone total dans le traitement considéré. Il exprime la vitesse de minéralisation de la matière organique (Dommergues, 1968) et permet d'estimer l'évolution temporelle des substrats organiques. Il est calculé en utilisant la formule suivante (Pallo *et al.*, 2006) :

$$TMG (\%) = \frac{C - \text{CO}_2}{C_{\text{total}}} \times 100$$

C-CO_2 est la quantité de CO_2 dégagé et C_{total} est le carbone total du sol.

Analyses statistiques : Les données ont été soumises à une analyse de variance (ANOVA). Le logiciel Genstat version 9 a été utilisé. La séparation des moyennes a été effectuée par le test de Student Newman et Keuls au seuil de 5% lorsque les différences étaient significatives.

RÉSULTATS

Impact de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité sur la biomasse microbienne : Les résultats ont montré que la biomasse microbienne a été en moyenne de $37,81 \text{ mg C.}100 \text{ g}^{-1}$ de sol dans les parcelles avec macrofaune du sol, contre $38,03 \text{ mg C.}100 \text{ g}^{-1}$ de sol en absence de la macrofaune du sol. La présence de la macrofaune n'a donc induit qu'une légère baisse non significative de la biomasse microbienne (Tableau 3). Par contre, les modes de gestion de la fertilité ont eu une influence très hautement significative sur la biomasse microbienne du sol. En effet, la plus forte biomasse microbienne ($40,42 \text{ mg C.}100 \text{ g}^{-1}$ de sol) a été enregistrée sur le témoin, et la plus faible valeur sur la parcelle ayant reçu l'urée seule ($32,64 \text{ mg C.}100 \text{ g}^{-1}$ de sol). Seule cette dernière diffère significativement des autres traitements. En effet, ce traitement a induit une baisse de la biomasse microbienne de 19,25%, 17,99%, 16,09%, 13,72%, par rapport respectivement aux traitements témoin, compost, tiges + urée, et compost + urée.. L'ajout

d'urée au compost a entraîné une baisse non significative (4,95%) de la biomasse microbienne du sol. Par ailleurs, aucune interaction n'a été révélée entre la macrofaune et les modes de gestion de la fertilité sur la biomasse microbienne du sol ($p=0,463$).

Effet de la macrofaune et des modes gestion de la fertilité du sol sur le quotient métabolique : Le quotient métabolique ou quotient respiratoire, représente la quantité de carbone minéralisé par gramme de biomasse microbienne et par jour. Les résultats ont montré que le quotient métabolique a été de $34,20 \text{ mg C-CO}_2/\text{g de C-Biomasse Microbienne/Jour}$ dans les parcelles avec macrofaune du sol, contre $38,03 \text{ mg C-CO}_2/\text{g de C-Biomasse Microbienne/Jour}$ de sol en absence de la macrofaune du sol. La présence de la macrofaune a donc induit une légère baisse (11,40%) du quotient métabolique. Toutefois, l'analyse de variance n'a pas révélé de différence significative (Tableau 3).

Tableau 3: Variation de la biomasse microbienne et du quotient métabolique en fonction de la présence ou non de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité du sol.

Facteurs	Traitements	Biomasse microbienne (mg C/100 g de sol)	Quotient métabolique (mg C-CO ₂ /g de C-Biomasse Microbienne/ Jour)
Macrofaune	Parcelles avec macrofaune	37,81	30,70
	Parcelles sans macrofaune	38,03	34,20
	Probabilité	0,578	0,092
	Signification	NS	NS
	CV (%)	1,1	4,3
Modes de gestion de la fertilité du sol	Compost	39,8 ^a	33,24
	Compost + urée	37,83 ^a	36,11
	Urée	32,64 ^b	26,60
	Tiges + urée	38,9 ^a	32,38
	Témoin	40,42 ^a	26,47
	Probabilité	<0,001	0,317
	Signification	THS	NS
	CV (%)	6,1	24,1
Interaction	Macrofaune*mode de gestion de la fertilité	NS (p=0,463)	NS (p=0,849)

Concernant l'effet des modes de gestion de la fertilité du sol, le plus fort quotient métabolique a été enregistré sur le traitement compost + urée (36,11 mg C-CO₂/g de C-Biomasse Microbienne/Jour), et le plus faible sur le témoin (26,47 mg C-CO₂/g de C-Biomasse Microbienne/Jour). L'apport combiné d'urée et de compost a augmenté le quotient métabolique de 8,63% par rapport au compost seul. Cependant, l'analyse de variance n'a pas révélé d'effet significatif des modes de gestion de la fertilité sur le quotient métabolique.

Effet de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité sur l'activité respiratoire du sol : Les résultats ont montré que le dégagement de C-CO₂ diminue avec le temps dans tous les traitements

(Figure 1 et 2). Les plus forts dégagements de C-CO₂ ont été observés le premier jour d'incubation, avec une diminution rapide dès le troisième jour. En présence de la macrofaune du sol, le dégagement cumulé de C-CO₂ est plus important avec le traitement compost + urée (23,38 mg/100 g de sol), suivi du compost (20,56 mg/100 g de sol). La plus faible quantité de C-CO₂ dégagée a été enregistrée avec l'urée seule (17,88 mg/100 g de sol). En absence de la macrofaune du sol, le dégagement cumulé de C-CO₂ est plus élevé sur le traitement compost (26,94 mg/100 g de sol), suivi de compost + urée (24,48 mg/100 g de sol). Le plus faible dégagement de C-CO₂ a été observé sur le témoin (20,04 mg/100 g de sol).

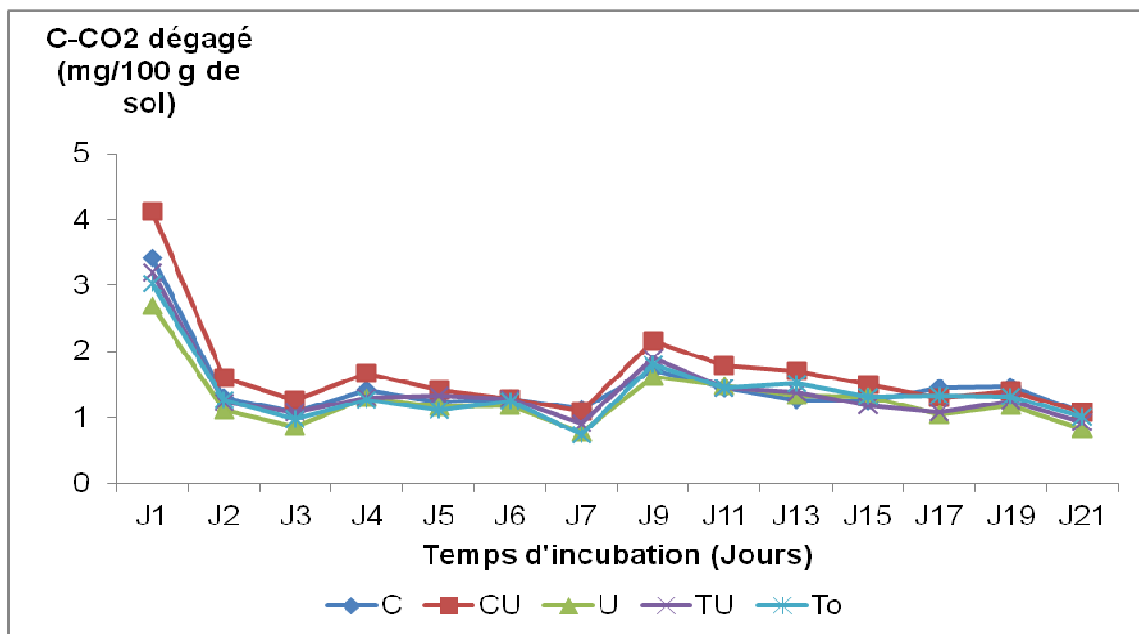


Figure 1 : Variation de quantité de C-CO₂ dégagé en fonction du temps dans les parcelles avec macrofaune du sol

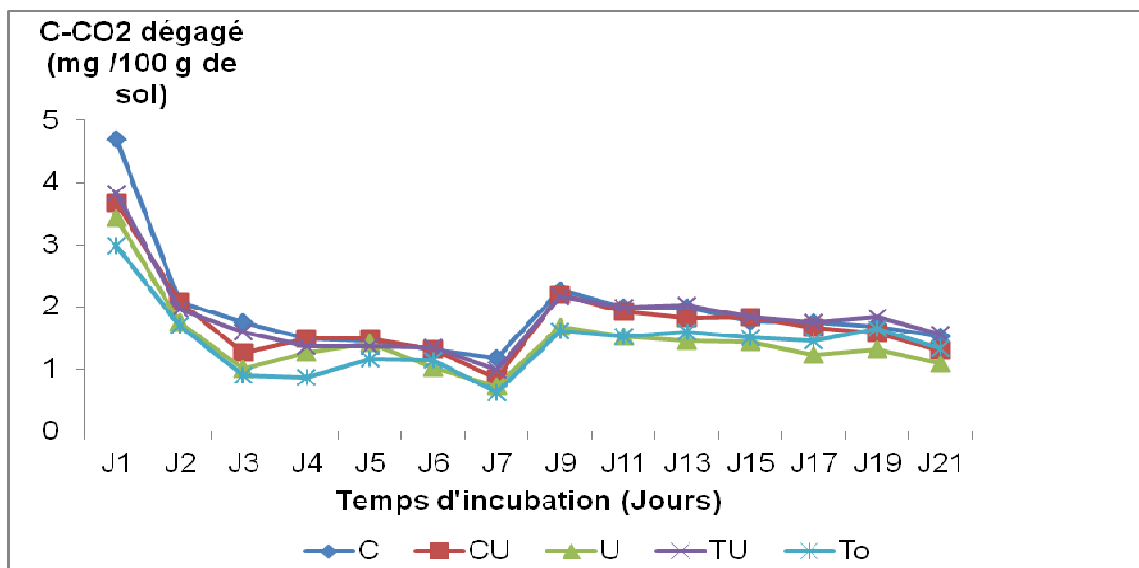


Figure 2 : Variation de quantité de C-CO₂ dégagé en fonction du temps dans les parcelles sans macrofaune du sol

Les résultats ont montré que la quantité totale de C-CO₂ dégagé est plus élevée sur les parcelles sans macrofaune du sol (Tableau 4). La présence de la macrofaune a réduit le dégagement de C-CO₂ de 16,28%. L'analyse de variance a révélé des différences significatives entre les parcelles avec macrofaune et les parcelles sans macrofaune du sol. Concernant l'effet des modes de gestion de la fertilité, les résultats ont

montré que la plus forte quantité de C-CO₂ dégagé a été obtenue sur le traitement à base de compost (23,94 mg/100 g de sol) suivi du traitement compost + urée (23,75 mg/100 g de sol). L'apport d'urée seul a induit le plus faible dégagement ce C-CO₂ (19,11 mg/100 g de sol). Toutefois, l'analyse de variance a révélé que les modes de gestion de la fertilité n'ont pas d'effet significatif sur la quantité de C-CO₂ dégagé.

Tableau 4 : Variation de l'activité respiratoire du sol en fonction de la présence ou non de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité du sol.

Facteurs	Traitements	C-CO ₂ dégagé (mg/100 g de sol)
Macrofaune	Parcelles avec macrofaune	20,15 ^b
	Parcelles sans macrofaune	23,43 ^a
	Probabilité	0,048
	Signification	S
	CV (%)	4,3
Modes de gestion de la fertilité du sol	Compost	23,75
	Compost + urée	23,93
	Urée	19,11
	Tiges + urée	22,59
	Témoin	19,71
	Probabilité	0,137
	Signification	NS
	CV (%)	17,8
Interaction	Macrofaune*technologies de gestion de la fertilité	NS (p=0,575)

DISCUSSION

Effets de la macrofaune du sol et des modes de gestion de la fertilité sur la biomasse microbienne et le quotient métabolique : La biomasse microbienne est un important indicateur du changement de la qualité et de la quantité de la matière organique (Diallo, 2005). Les résultats ont montré que la macrofaune n'a pas eu d'effet significatif sur la biomasse microbienne. Ils révèlent également que le quotient métabolique est plus élevé en absence de la macrofaune du sol. Les forts quotients métaboliques en absence de la macrofaune résultent d'une importante production de C-CO₂ par les microorganismes. Ces résultats pourraient s'expliquer par le stress des microorganismes suite à l'application des pesticides au sol ou la structure de la communauté microbienne du sol (Zaller et Köpke, 2004). Plusieurs auteurs ont ainsi montré que la pollution du sol entraîne une augmentation du quotient métabolique (Leita *et al.*, 1999 ; Caravaca et Roldán, 2003; Pal *et al.*, 2006 ; Pena *et al.*, 2007). En effet, le stress des microorganismes dû aux résidus de pesticides entraîne d'une part, l'allocation d'une grande partie de l'énergie au maintien des cellules (Anderson et Domsh, 2010) et d'autre part, le rajeunissement de la communauté microbienne du sol (Zhang *et al.*, 2000), augmentant ainsi la demande en énergie. Les modes de gestion de la fertilité ont eu un impact significatif sur la biomasse microbienne. L'apport d'urée a réduit significativement la biomasse microbienne. En effet, l'urée augmente la vitesse de minéralisation du carbone. De ce fait, elle réduit la disponibilité du carbone dans un sol où la

teneur en matière organique est inférieure à 1%. L'effet négatif de l'urée sur la biomasse microbienne est donc lié à un déficit en carbone dans le sol. Par contre, l'apport de la matière organique permet d'améliorer la biomasse microbienne du sol. Ces résultats sont en accord avec ceux de nombreux autres travaux (Bilgo *et al.*, 2007 ; Traoré *et al.*, 2007 ; Vance et Chapin, (2001 cités par Diallo, 2005)), qui ont montré que l'apport de litières stimule le développement et l'activité des microorganismes, vraisemblablement du fait de l'apport de carbone au sol. Les traitements à base de matière organique ont enregistré les plus forts quotients métaboliques par rapport à l'urée et au témoin. Ces résultats qui corroborent ceux obtenus par Leita *et al.* (1999), traduisent une mauvaise qualité du substrat et une faible efficacité métabolique (Böhme *et al.*, 2005 ; Fließbach *et al.*, 2007). Ils pourraient s'expliquer par une augmentation de la demande en énergie pour la décomposition des substrats organique. Les pratiques culturales telles que le labour, l'usage des fertilisants perturbent le développement et l'activité des microorganismes.

Effets de la macrofaune du sol et des modes de gestion de la fertilité sur l'activité microbienne : Le dégagement de C-CO₂ résulte de la dégradation des substrats carbonés. Les résultats montrent comme il fallait s'y attendre, que l'apport du compost ou des tiges combinées avec l'urée, entraîne un dégagement plus intense de C-CO₂ par rapport au témoin et à l'urée apportée seule. Ce résultat s'explique par le fait d'une part, que la matière organique constitue une source

d'énergie pour les organismes vivants du sol, et d'autre part, par le fait que le dégagement de C-CO₂ est étroitement dépendant de la qualité et de la quantité des substrats assimilables (Diallo, 2005 ; Lagomarsino et al., 2006). Les faibles dégagements de C-CO₂ dans le traitement à base d'urée seule s'expliqueraient par la faible teneur en carbone organique du sol (moins de 1%). Les résultats montrent que le dégagement de C-CO₂ est plus intense sur les parcelles sans macrofaune. En effet, en détruisant la macrofaune, les pesticides augmentent la quantité de composés organiques (cadavres de la macrofaune) facilement minéralisable ; d'où le fort dégagement de CO₂ dans les échantillons de sol traités. De nombreux travaux de recherche comme ceux de Martens (1976), Awasthi et

al. (2003), Verma et al. (2005), ont montré que la dégradation de l'Endosulfan dans le sol est réalisée par les champignons, les bactéries et les actinomycètes. D'autres auteurs ont montré que l'application d'Endosulfan (Coulibaly, 2006), ou l'association cyperméthrine + acétamipride en présence de Bambou et de Vétiver (Senou, 2009), stimulent l'activité respiratoire du sol. Nos résultats ont montré que l'activité microbienne était plus intense dans les parcelles où la macrofaune du sol a été détruite. Il y aurait donc ainsi une rétroaction : les pesticides détruisent la macrofaune du sol et entraîne la pollution du sol, mais la disponibilité des substrats organiques (cadavres animaux

CONCLUSION

L'intensification agricole perturbe la macrofaune du sol, qui pourtant joue un rôle majeur dans l'évolution des caractéristiques du sol. Les résultats obtenus montrent que la présence de la macrofaune a induit de faible quotient métabolique. La macrofaune augmente donc l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les microorganismes. Les modes de gestion de la fertilité des sols ont influencés significativement la biomasse microbienne mais ils n'ont pas eu d'impact significatif sur la respiration microbienne. L'usage de la matière organique a été plus favorable à ces deux paramètres

par rapport à l'usage d'urée. Ces résultats ont révélé la nécessité du maintien de la macrofaune et d'apports organiques dans les sols cultivés ; ce qui permettra d'améliorer l'efficacité de l'utilisation des nutriments par les microorganismes. Ainsi, l'intensification agricole devra mettre l'accent sur l'utilisation de la régulation biologique dans la gestion des agroécosystèmes.

Remerciements : Cette étude a été réalisée grâce à l'appui financier de la Fondation Internationale de Science (IFS) et à la contribution du Centre Écologique Albert Schweitzer du Burkina.

BIBLIOGRAPHIE

- Anderson TH and Domsch KH, 2010. Soil microbial biomass: The eco-physiological approach. *Soil Biology & Biochemistry* 42: 2039 – 2043.
- Awasthi N, Singh AK, Jain RK, Khangorot BS, Kumar A, 2003. Degradation and detoxification of endosulfan isomers by a defined co-culture of two bacillus strains. *Applied Microbiology and Biotechnology* : 62, 279-283.
- Bachelier G, 1978. La faune des sols. Son écologie et son action. Initiations – Documentations techniques N° 38, O.R.S.T.O.M., Paris, France. 391 pp.
- Bationo A, Waswa B, Abdou A, Bado BV, Bonzi M, Iwuafor E, Kibunja C, Kihara J, Mucheru M, Mugendi D, Mugwe J, Mwale C, Okeyo J, Olle A, Roing K, Sedogo M, 2012. Overview of long term experiments in Africa. In *Lessons learned from long term soil fertility management experiments in Africa*, Bationo A, Waswa B, Kihara J, Adolwa I, Vanlauwe B, Saidou K (eds). Springer; 1-26.
- Bilgo A, Masse D, Sall S, Serpantié G, Chotte JL, Hien V, 2007. Chemical and microbial properties of semiarid tropical soils of short-term fallows in Burkina Faso, West Africa. *Biology and Fertility of Soils* 43: 313–320.
- Böhme L, Langer U, Böhme F, 2005. Microbial biomass, enzyme activities and microbial community structure in two European long-term field experiments. *Agriculture Ecosystems and Environment* : 109, 141-152.
- Caravaca F. and Roldán A, 2003. Assessing changes in physical and biological properties in a soil contaminated by oil sludges under semiarid Mediterranean conditions. *Geoderma* 117 (1-2) : 53-61.
- Chantigny M. et Angers D, 2005. Activités microbiologiques et qualité des sols : quoi de neuf sous nos pieds ? Colloque en environnement : « des outils d'intervention à notre échelle », Centre de Référence en

- Agriculture et Agroalimentaire du Québec, 10 pp.
- Chapuis-Lardy L, Ramiandrisoa RS, Randriamanantsoa L, Morel C, Rabeharisoa L, Blanchart E. 2009. Modification of P availability by endogeic earthworms (Glossoscolecidae) in Ferralsols of the Malagasy Highlands. *Biology and Fertility of Soils* 45 (4): 415-422.
- Chaussod R, Zuvia M, Breuil MC, Hetier JM, 1992. Biomasse microbienne et statut organique des sols tropicaux : exemple d'un sol Vénézuélien des Llanos sous différents systèmes de culture. *Cahier ORSTOM, série Pédologie XXVII* (1) : 59 – 67.
- 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 Développement Rural, Option Agronomie. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Burkina Faso. 53 pp.
- Diallo MD, 2005. Effet de la qualité des litières de quelques espèces végétales sahéliennes sur la minéralisation de l'azote. Thèse de doctorat de 3^{ème} cycle, Biologie végétale. Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal. 150 pp.
- Doamba SMF, Nacro HB, Sanon A, Sedogo M, 2011. Effet des cordons pierreux sur l'activité biologique d'un sol ferrugineux tropical lessivé (Province du Kouritenga au Burkina Faso). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* 5 (1) : 304-313.
- Doamba WSMF, 2009. Impact des techniques et technologies paysannes (mise en défens, cordons pierreux) sur l'évolution de la fertilité des sols de quatre bassins versants (Soum, Sanmatenga, Kouritenga et Kompienga). Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies, en Gestion Intégrée des Ressources Naturelles. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Institut du Développement Rural, Burkina Faso. 76 pp.
- Dommergues Y, 1960. La notion de coefficient de minéralisation du carbone dans les sols. *L'agronomie Tropicale* 15 (1) : 54 – 60.
- Dommergues Y, 1968. Dégagement tellurique de CO₂. Mesure et signification. *Annales de l'Institut Pasteur* 115 : 627-656.
- Fardoux J, Fernandes P, Niane-Badiane A, Chotte JL, 2000. Effet du Séchage d'échantillons d'un sol ferrugineux tropical sur la détermination de la biomasse microbienne. Comparaison de deux méthodes biocidales de référence. *Étude et gestion des sols* 7 (4), numéro spécial : 385-394.
- Fließbach A, Oberholzer HR, Gunst L, Mäder P, 2007. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture Ecosystems and Environment* : 118, 273-274.
- Giller KE, Beare MH, Lavelle P, Izac AMN, Swift MJ, 1997. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. *Applied Soil Ecology* 6: 3-16
- Jenkison DS and Powlson DS, 1976. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. A method for measuring soil biomass. *Soil Biology and Biochemistry* 8: 209-213.
- Gobat J.M., Aragno M., Matthey W. 2010. Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols. 3^{ème} édition revue et augmentée, Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. 817 pp.
- Kiba DI, Lompo F, Compaoré E, Randriamanantsoa L, Sedogo PM, Frossard E, 2012. A decade of non-sorted solid urban waste inputs safely increases sorghum yield in the periurban areas of Burkina Faso. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B-Soil Plant Science* 62 (1) : 59-69.
- Konaté S, Le Roux X, Verdier B, Lepage M, 2003. Effect of underground fungus growing termites on carbon dioxide emission on the pointand landscape scales in an African savanna. *Functional Ecology* 17: 305-314.
- Lagomarsino A, Moscatelli MC, De Angelis P, Grego S, 2006. Labile substrates quality as the main driving force of microbial mineralization activity in a poplar plantation soil under elevated CO₂ and nitrogen fertilization. *Science of the Total Environment* 372: 256–265.
- Lavelle P, Decaëns T, Aubert M, Barot S, Blouin M, Bureau F, Margerie P, Mora P, Rossi JP, 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *European Journal of Soil Biology*: 42: S3-S15.
- Leita L, De Nobili M, Mondini C, Muhlbachova G, Marchiol L, Bragato G, Contin M, 1999. Influence of inorganic and organic fertilization on soil microbial biomass, metabolic quotient and heavy metal bioavailability. *Biology and Fertility of Soils* 28 :371–376.

- Masse D, 2007. Changements d'usage des terres dans les agro-systèmes d'Afrique subsaharienne. Propriétés des sols et dynamique des matières organiques. Mémoire pour l'obtention du diplôme d'Habilitation à Diriger des Recherches, École Nationale Supérieure Agronomique de Toulouse, France. 82 pp.
- Mirsa RV, Roy RN, Hiraoka H, 2005. Méthodes de compostage au niveau de l'exploitation. Documents de travail sur les terres et les eaux 2. Organisation des nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture, Italie, Rome. 35 pp.
- Nacro HB, 1997. Hétérogénéité de la matière organique dans un sol de savane humide (Lamto, Côte d'Ivoire), caractérisation chimique et étude in vitro, des activités microbiennes de minéralisation du carbone et de l'azote. Thèse de Doctorat, Écologie Générale. Université Pierre et Marie Curie – Paris VI, France, 302 pp.
- Nicolardot B, Chaussod R, Catroux G, 1984. Décomposition de corps microbiens dans des sols fumigés au chloroforme : Effets du type de sol et des microorganismes. Soil Biology and Biochemistry 16 (5) : 453-458.
- Nielsen UN, Ayres E, Wall DH, Bardgett RD, 2011. Soil biodiversity and carbon cycling: a review and synthesis of studies examining diversity–function relationships. European Journal of Soil Science 62 (1): 105-116.
- Nonguierma GB, 2006. Contribution à l'évaluation des effets de l'utilisation des pesticides en production maraîchère dans la plaine périurbaine de Boulmiougou-Ouagadougou. Mémoire de Licence Professionnelle en Génie de l'Environnement. Université de Ouagadougou, Unité de Formation et de Recherche en Sciences Exactes et Appliquées. Institut de Génie de l'Environnement et du Développement durable, Burkina Faso, 45 pp.
- Ouedraogo E, Brussaard L, Mando A, Stroosnijder L, 2005. Organic resources and earthworms affect phosphorus availability to sorghum after phosphate rock addition in semi-arid West Africa. Biology and Fertility of Soils 41: 458-465.
- Ouedraogo E, Mando A, Brussaard L, 2004. Soil macrofaunal-mediated organic resource disappearance in semi-arid West Africa. Applied Soil Ecology 27: 259-267.
- Ouedraogo E, 2004. Soil quality improvement for crop in semi-arid West Africa. PHD Thesis. University and research centre, Wageningen, The Netherland, 193 pp.
- Ouedraogo J, Nacro HB, Ouedraogo E, Youl S, Sedogo MP, 2014b. Amélioration de la disponibilité du phosphore par la gestion de la macrofaune du sol : cas d'un lixisol en zone semi-aride du Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences 8 (4) : 1838-1846.
- Ouedraogo J, Ouedraogo E, Nacro HB, 2014a. Effet de l'interaction entre des modes de gestion de fertilité et la macrofaune sur la productivité du niébé et du sorgho en zone nord soudanienne du Burkina Faso. International Journal of Biological and Chemical Sciences 8 (1) : 104-114.
- Pal R, Chakrabarti K, Chakraborty A, Chowdhury A, 2006. Degradation and effects of pesticides on soil microbiological parameters-A Review. International Journal of Agricultural Research 1 (3): 240-258.
- Pallo FJP, Asimi S, Assa A, Sedogo PM, Sawadogo N, 2006. Statut de la matière organique des sols de la région sahélienne du Burkina Faso. Étude et Gestion des Sols 13 (4) : 289 – 304.
- Pena WTrasar-Cepeda C, Gil-Sotres, F, Leiros MC, 2007. Modification of the degradative capacity of a soil artificially contaminated with diesel. Chemosphere 67 (5) : 1057-1063.
- Pey B, 2010. Contribution de la faune du sol au fonctionnement et à l'évolution des technosols. Thèse en Sciences Agronomiques, Université Nationale Polytechnique de Lorraine, France. 254 pp.
- Rashmi MA, Kumar NG, Mallikarjuna J, 2009. Effects of pesticides and agro-inputs on the abundance of soil macro fauna. Karnataka Journal of Agricultural Science 22 (3-Special Issue) : 635-636.
- Segda Z, 2006. Gestion de la fertilité du sol pour une production améliorée et durable du riz (*Oryza sativa* L.) au Burkina Faso. Cas de la plaine irriguée de Bagré. Thèse de Doctorat, Université de Ouagadougou, Burkina Faso. 198 pp.
- Senou I, 2009. Impact de quatre pesticides (atrazine, deltaméthrine, acétamipride + cyperméthrine)

- et de deux espèces végétales (*vetiveria nigriflora* et *oxytenanthera abyssinica*) sur l'activité microbienne des sols ferrugineux tropicaux des agrosystèmes cotonniers du Burkina Faso. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, option Agronomie. Université Polytechnique de Bobo Dioulasso, Institut du Développement Rural, Burkina Faso. 67 pp.
- Siyam M, Chen J, North M, Erickson HE, Bresee M, Le Moine J, 2004. Short term effects of experimental burning and thinning on soil respiration in an old - growth mixed-conifer forest. Environmental Management 33 (supplement 1) : S148 – S159.
- Tian G, Kang BT, Brussaard L, 1997. Effect of mulch on earthworms activity and nutrient supply in the humid tropic. Soil Biology and Biochemistry 29 : 369–373.
- Traoré S, Millogo JR, 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.
- Verma K, Agrawal N, Farooq M, Misra RB, Hans RK, 2005. Endosulfan degradation by *Rhodococcus* strain isolated from earthworm gut. Ecotoxicology and environmental safety 64 (3): 377–381.
- WRB (World Reference Base for Soil Resources). 2006. & FAO, Rome, Italie. 128 pp.
- Zaller JG, Köpke U, 2004. Effects of traditional and biodynamic farmyard manure amendment on yields, soil chemical, biochemical and biological properties in a long term field experiment. Biology and Fertility of Soils 40: 222–229.
- Zhang BG, Li GT, Shen TS, Wang JK, Sun Z, 2000. Changes in microbial biomass C, N, and P and enzyme activities in soil incubated with the earthworms *Metaphire guillelmi* or *Eisenia fetida*. Soil Biology and Biochemistry 32: 2055 – 2062.
- Zida Z, Ouedraogo E, Mando A, Stroosnijder L, 2011. Termite and earthworm abundance and taxonomic richness under long-term conservation soil management in Saria, Burkina Faso, West Africa. Applied Soil Ecology : 51: 122-129.