

EFFET DE LA MACROFAUNE ET DES MODES DE GESTION DE LA FERTILITÉ SUR LE CARBONE D'UN LIXISOL AU BURKINA FASO

J. OUEDRAOGO¹, I. SENOU³, S. YOUL⁴, E. OUEDRAOGO², M.P. SEDOGO⁵, H.B. NACRO¹

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

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

³ Laboratoire des Systèmes Naturelles, des Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso, Burkina Faso

⁴ International Fertilizer Development Center, 11 BP 82 Ouagadougou 11, Burkina Faso

⁵ Institut de l'Environnement et de Recherches Agricoles (INERA), 04 BP 8645 Ouagadougou 04, Burkina Faso

*Auteur de correspondance : jeanouedraogo84@yahoo.fr

RESUME

La matière organique du sol est un élément déterminant de l'activité biologique, pour laquelle, la macrofaune du sol constitue un facteur important. Cette étude a été conduite pour appréhender les effets de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité des sols sur l'évolution du carbone d'un lixisol en zone semi-aride du Burkina Faso. Pour ce faire, un dispositif expérimental en split-plot à trois répétitions comprenant deux traitements principaux (parcelles avec et sans macrofaune) et quatre modes de gestion de la fertilité, a été mis en place. Les résultats ont montré que la macrofaune, les modes de gestion de la fertilité et leur interaction n'ont pas eu d'effet significatif ($P > 0,05$) sur le carbone total et l'indice de gestion du carbone à court terme. Toutefois, la macrofaune a augmenté l'indice de gestion du carbone de 35 % ; elle a également augmenté la teneur en carbone des différentes fractions granulométriques. L'interaction entre la macrofaune et les modes de gestion de la fertilité a amélioré le rendement du niébé. L'intensification écologique des agrosystèmes par un usage raisonné des pesticides chimiques de synthèse et un apport de matière organique, pourraient améliorer à long terme, la séquestration du carbone.

Mots clés : Biologie des sols, séquestration du carbone, pesticides, Burkina Faso.

ABSTRACT

EFFECT OF MACROFAUNA AND THE TYPES OF SOIL FERTILITY MANAGEMENT ON LIXISOL CARBON IN BURKINA FASO

Soil organic matter is a key element of the biological activity, for which the soil macrofauna is an important factor. This study was carried out to assess the effects of macrofauna and methods of soil fertility management on the evolution of carbon content of a lixisol in semi-arid zone of Burkina Faso. A split-plot design with three replications was used. It includes two main treatments (plots with and without soil macrofauna). The subplots were given four methods of fertility management. The results showed that macrofauna, fertility management methods and their interaction had no significant ($P > 0.05$) effect on total carbon and carbon management index in the short term. However, soil macrofauna improved carbon management index of 35 % ; it also improved the carbon content of different size fractions. The ecological intensification of agro systems through the rational use of synthetic chemical pesticides and these organic matter could improve at long-term, carbon sequestration and ensure the sustainability of agricultural production systems.

Keywords : Soil biology, sequestration of carbon, pesticides, Burkina Faso.

INTRODUCTION

La dégradation des sols est une grave menace pour le développement agricole en particulier en Afrique Subsaharienne (Bai *et al.*, 2008). Elle est particulièrement plus accentuée en raison des caractéristiques inhérentes des sols, des conditions climatiques hostiles et de la pratique d'une agriculture minière (Mafongoya *et al.*, 2006 ; Bationo *et al.*, 2007 ; Powlson *et al.*, 2011). Cette dégradation des sols entraîne une baisse de la fertilité du sol et notamment de sa teneur en matière organique. Or, le carbone du sol est à la fois une source et un réservoir de nutriments, et joue un rôle vital dans le maintien de la fertilité des sols (Bationo *et al.*, 2007). Un appauvrissement du sol en matière organique réduit donc les rendements et l'efficacité d'utilisation des intrants (Lal, 2011). Les stratégies de gestion de la fertilité favorisant l'augmentation ou le maintien des teneurs en carbone du sol, doivent alors être adoptées. En effet, parmi les nombreuses options, celle basée sur l'amélioration de la qualité des sols et la productivité agronomique par unité de surface grâce à l'amélioration de la teneur en carbone organique dans le sol, présente de nombreux avantages (Lal, 2006). En outre, le stockage du carbone dans le sol est considéré comme une mesure d'atténuation du changement climatique (Chenu *et al.*, 2014). Les apports organiques peuvent réduire de manière significative la dégradation des sols, et en particulier, améliorer la rétention des nutriments et la structure du sol (Moebius-Clune *et al.*, 2011). Ainsi, plusieurs modes de gestion de la fertilité incluant l'usage de la matière organique de diverses qualités, des engrais associés ou non à l'utilisation de mesures de conservation des eaux et des sols, ont été adoptés (Zougmore, 2003 ; Ouédraogo, 2004 ; Bationo *et al.*, 2012).

De nombreuses études se sont intéressées aux effets de la macrofaune, des modes de gestion de la fertilité, ainsi que de leur interaction sur la disponibilité du phosphore, le ruissellement, l'activité microbienne et les rendements des cultures (Ouédraogo *et al.*, 2014a ; 2014b ;

2017a ; 2017b). Il est pourtant reconnu que la macrofaune du sol joue un rôle déterminant dans la dynamique du carbone (Six *et al.*, 2002 ; Frouz *et al.*, 2006 et 2007). Or l'impact de l'interaction entre la macrofaune et les modes de gestion de la fertilité sur le carbone des sols a été rarement abordé. Cette étude vise donc à appréhender l'impact de la macrofaune, des modes de gestion de la fertilité du sol et leur l'interaction, sur les teneurs en carbone des fractions granulométriques et l'indice de gestion du carbone du sol. Ce qui permettra de recommander des modes de gestion de la fertilité.

MATERIEL ET METHODES

DESCRIPTION DU SITE

Le dispositif expérimental a été installé au cours de la campagne agricole 2011/2012 sur un Lixisol (WRB, 2006), en jachère depuis une quinzaine d'années en zone nord soudanienne du Burkina Faso (entre 12° 08' 02" de latitude Nord et 1° 24' 54" de longitude Ouest). Les caractéristiques physico-chimiques de l'horizon 0 - 20 cm montrent qu'il s'agit d'un sol à texture limono-sableuse en surface (12 % d'argiles, 24 % de limons et 65 % de sables), acide (pH-eau = 6,16) et pauvre en matière organique (0,97 %). La teneur en phosphore assimilable du sol était de 1,3 mg P. kg⁻¹. La saison des pluies couvre les mois de juin à septembre avec une pluviosité moyenne annuelle de 749 mm pour les dix dernières années (2003 - 2012).

SUBSTRATS ORGANIQUES UTILISES

Le compost a été produit à l'aide de litière et de tiges de maïs, par la technique du compostage aérobie en fosse avec un retournement périodique de 15 jours pendant 3 mois. Les tiges de sorgho de la campagne précédente ont été utilisées. Le Tableau 1 présente les caractéristiques chimiques des substrats organiques utilisés.

Tableau 1 : Caractéristiques chimiques des tiges et du compost utilisés.*Chemical characteristics of the stems and compost used.*

Paramètres mesurés	Compost	Tiges	Compost	Tiges
	2011		2012	
Carbone (g kg ⁻¹)	108,2	553,2	118,0	661,2
Azote total (g kg ⁻¹)	5,33	2,0	5,1	2,3
C/N	20,3	276,6	23,14	287,48
Phosphore total (g kg ⁻¹ P ₂ O ₅)	39,4	1,4	3,97	1,2
Potassium total (g kg ⁻¹ K ₂ O)	32,3	66,6	3,22	68,2
pH-eau	7,2		7,3	

DISPOSITIF EXPERIMENTAL

L'étude a été conduite au cours de deux campagnes successives en 2011/2012 et 2012/2013, sur un dispositif expérimental en split-plot à trois répétitions. Le dispositif comprend deux (02) traitements principaux (parcelles avec macrofaune et parcelles sans macrofaune), quatre (04) traitements secondaires qui sont les différents modes de gestion de la fertilité du sol. Les traitements secondaires sont : compost (enfouissement de 4 t MS/ha de compost) ; compost + urée (enfouissement de 4 t MS / ha de compost + de l'urée à la dose de 30 kg N/ha) ; tiges + urée (enfouissement de 4 t MS/ha de tiges de sorgho + de l'urée à la dose de 30 kg N/ha) et le témoin. Les substrats organiques ont été enfouis à trois jours avant le semis et l'urée a été apportée au semis du niébé. Les parcelles élémentaires ont une superficie de 25 m² (5 m x 5 m). Une allée principale de 3 m sépare deux blocs consécutifs. Dans chaque bloc, les traitements principaux sont séparés par des allées secondaires de 2 m, et les traitements secondaires par des allées de 1 m.

DESTRUCTION DE LA MACROFAUNE DU SOL

La destruction de la macrofaune a été réalisée par application au sol de pesticides chimiques de synthèse. Pour ce faire, deux matières actives ont été utilisées. Il s'agit : du Chlorpyrifos-éthyl à la dose de 240 g.ha⁻¹, et du fipronil à la dose de 0,125 g.ha⁻¹. Le choix de ces matières actives repose sur leur capacité à éliminer la macrofaune du sol. En effet, l'usage combiné de pesticides chimiques avait permis d'éliminer de façon significative (entre 95 % et 99 %), la macrofaune du sol (Ouedraogo *et al.*, 2017). Les pesticides ont été appliqués au semis, à 18 jours après semis (JAS), 32 JAS

et à 55 JAS en 2011. Pour la campagne 2012, ils ont été appliqués au semis, 16 JAS et 42 JAS en 2012. Pour ce faire, un mélange contenant 2,5 ml des pesticides HERCULES 50 SC et DADYRSBAN 4 E a été dilué dans 15 litres d'eau, puis appliqué sur chaque parcelle élémentaire à l'aide d'un pulvérisateur à dos et à pression soutenue. Ces applications ont permis d'éliminer la macrofaune du sol.

CONDUITE DE LA CULTURE ET EVALUATION DE LA PRODUCTION

Le semis a été précédé d'un labour à la charrue bovine qui a permis d'enfouir les substrats organiques dans toutes les parcelles. La variété K VX 61 - 1 de niébé avec un potentiel de 1500 kg / ha a été semée. C'est une variété très bien adaptée à la zone nord soudanienne. Le semis du niébé a été fait suivant des écartements de 80 cm entre les lignes et 40 cm sur les lignes. Deux à trois grains ont été semés par poquet. Un démariage a été réalisé pour ajuster le nombre de plants à deux par poquet. Deux sarclages ont été faits.

L'évaluation de la production du niébé a été faite lors de la campagne 2012, sur une superficie utile de 15,96 m² délimitée à l'intérieur de chaque parcelle élémentaire après l'élimination des bordures. Elle a concerné le rendement en graines et le rendement en fanes.

ECHANTILLONNAGE DE SOL

Le prélèvement des échantillons de sols a été fait à 48 JAS en 2011 et en 2012, au moment de la floraison du niébé. Un échantillon composite a été constitué à partir de cinq (05) prélèvements élémentaires dans l'horizon 0 - 20 cm en cinq endroits différents dans l'aire utile de chaque parcelle élémentaire. Ces échantillons ont été séchés à l'ombre puis tamisés à 2 mm.

ANALYSE DE SOL

Le fractionnement granulométrique de la matière organique a concerné les échantillons de l'année 2012, et les échantillons de la parcelle témoin non traitée (présence de la macrofaune) prélevés en 2011 et utilisés comme sol de référence pour le calcul de l'indice de gestion du carbone. La méthode de fractionnement utilisée dérive de celle de Feller (1979) adaptée par Sedogo *et al.* (1994). Le fractionnement granulométrique a consisté à agiter à l'aide d'un agitateur pendant deux heures, 50 g de sol dans 150 ml d'eau distillée, en présence de trois billes de verre de 1,5 cm de diamètre. La suspension ainsi obtenue, a été répartie par tamisage sous l'eau, successivement en trois fractions granulométriques (2 mm - 200 µm, 200 µm - 50 µm et < 50 µm). Les trois fractions sont recueillies dans des

réipients et sont séchées à l'étuve à 60 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant. Après séchage des échantillons, la masse de sol des différentes fractions a été déterminée à l'aide d'une balance électronique de précision 0,01. La teneur en carbone a été déterminée suivant la méthode de Walkley-Black (1934).

ANALYSES DE DONNEES

Les échantillons de la parcelle témoin non traitée de l'année 2011 ont été utilisés comme sol de référence pour évaluer l'effet des modes de gestion de la fertilité et de la macrofaune sur le carbone du sol. Le calcul de l'indice de gestion du carbone (CMI) pour l'année 2012 a été fait suivant la méthode de Blair *et al.* (1995). L'indice de gestion du carbone a été calculé selon la formule suivante :

CPI est l'indice de pool de carbone avec
$$CPI = \frac{\text{Carbone total du traitement}}{\text{Carbone total du témoin avec macrofaune}}$$

LI est l'indice de labilité du carbone avec
$$LI = \frac{\text{Labilité du carbone du traitement (L)}}{\text{Labilité du carbone du témoin avec macrofaune}}$$

Et L est la labilité du carbone (L) :
$$L = \frac{\text{Carbone total des fractions 2mm-50µm}}{\text{Carbone total de la fraction <50µm}}$$

Les données collectées ont été soumis à une analyse de variance (ANOVA) avec le logiciel Genstat version 9. La séparation des moyennes lorsque les différences étaient significatives a été effectuée par le test de Student Newman Keuls au seuil de 5 %.

RESULTATS

EFFET DE LA MACROFAUNE ET DES MODES DE GESTION DE LA FERTILITE SUR LE CARBONE TOTAL

Carbone total du sol

Les résultats ont montré qu'en présence de la macrofaune, la teneur en carbone est de 5,03 g.kg⁻¹ contre 4,16 g.kg⁻¹ en absence de la macrofaune du sol (Tableau 2). La présence de la macrofaune a augmenté la teneur en carbone total du sol de 20 %. Toutefois, l'analyse de variance n'a pas révélé d'effet significatif de la macrofaune du sol. Concernant l'effet des modes de gestion de la fertilité (Tableau 2), la plus forte teneur en carbone total du sol (5,01 g.kg⁻¹) a

été observée avec le mode tiges + urée. La plus faible teneur en carbone total a été observée avec le témoin (4,17 g.kg⁻¹). Tous les modes de gestion de la fertilité ont augmenté la teneur en carbone du sol par rapport au témoin. Cette augmentation est de l'ordre de 7 % avec le compost + urée, 7 % avec le compost, et 20 % avec les tiges + urée. L'analyse de variance ne révèle pas de différence significative (P > 0,05) ni entre les modes de gestion de la fertilité, ni pour l'interaction entre la macrofaune et les modes de gestion de la fertilité.

Fraction grossière (2 mm - 200 µm)

Les résultats ont montré que dans la fraction 2 mm - 200 µm, les parcelles avec macrofaune du sol ont une teneur en carbone total plus élevée (0,68 g.kg⁻¹) par rapport à celles sans macrofaune du sol (0,48 g.kg⁻¹) (Tableau 2). En effet, ils ont révélé une augmentation de la teneur en carbone de 41 % grâce à la macrofaune du sol. Les modes de gestion de la fertilité des sols ont influencé diversement la teneur en carbone total de la fraction 2 mm - 200 µm. La plus forte teneur (0,65 g.kg⁻¹) a été obtenue avec le

compost + urée, et la plus faible teneur ($0,47 \text{ g.kg}^{-1}$) sur la parcelle témoin. Tous les modes de gestion de la fertilité ont entraîné une augmentation de la teneur en carbone. Cette augmentation a varié de 23 % (compost) à 37 % (compost + urée). Cependant, l'analyse de variance n'a pas révélé d'effet significatif ($P > 0,05$) des modes de gestion de la fertilité, de la macrofaune et de leur interaction sur la teneur en carbone de la fraction $2 \text{ mm} - 200 \text{ }\mu\text{m}$.

Fraction intermédiaire ($200 \text{ }\mu\text{m} - 50 \text{ }\mu\text{m}$)

Dans la fraction $200 \text{ }\mu\text{m} - 50 \text{ }\mu\text{m}$, les résultats ont montré que la présence de la macrofaune a amélioré la teneur en carbone de 24 % (Tableau 2). Le mode de gestion de la fertilité basé sur l'enfouissement de tiges + urée, a donné la plus forte teneur ($0,48 \text{ g.kg}^{-1}$) en carbone total dans cette fraction. Tous les modes de gestion de la fertilité ont amélioré la teneur en carbone par rapport au témoin. Cette amélioration est respectivement de 12 % avec le compost + urée, 25 % avec le compost, et 57 % avec les tiges + urée. Toutefois, l'analyse de variance a montré

que les modes de gestion de la fertilité, la macrofaune et leur interaction, n'ont pas d'effet significatif ($P > 0,05$) sur la teneur en carbone de la fraction $200 \text{ }\mu\text{m} - 50 \text{ }\mu\text{m}$.

Fraction fine ($< 50 \text{ }\mu\text{m}$)

Les résultats ont montré que dans la fraction fine ($< 50 \text{ }\mu\text{m}$), la présence de la macrofaune du sol a induit une augmentation de la teneur en carbone de 27 % (Tableau 2). Les modes de gestion de la fertilité des sols ont influencé diversement la teneur en carbone total de la fraction fine. La plus forte teneur ($3,54 \text{ g.kg}^{-1}$) a été obtenue avec le compost, et la plus faible teneur ($2,93 \text{ g.kg}^{-1}$) sur la parcelle témoin. Tous les modes de gestion de la fertilité ont entraîné une augmentation de la teneur en carbone. Cette augmentation a varié de 1 % (compost + urée) à 21 % (compost). Toutefois, l'analyse de variance n'a pas révélé d'effet significatif ($P > 0,05$) des modes de gestion de la fertilité, de la macrofaune et de leur interaction sur la teneur en carbone de la fraction fine ($< 50 \text{ }\mu\text{m}$).

Tableau 2 : Effet de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité sur les teneurs en carbone total du sol et de ses fractions granulométriques (g.kg^{-1}).

Effect of macrofauna and methods of fertility management on the total carbon content of the soil and its granulometric fractions (g.kg^{-1}).

Facteurs	Traitements	Carbone (g.kg^{-1})			
		Sol	Fractions granulométriques		
			$2\text{mm} - 200 \text{ }\mu\text{m}$	$200 \text{ }\mu\text{m} - 50 \text{ }\mu\text{m}$	$F < 50 \text{ }\mu\text{m}$
Macrofaune	Parcelles avec macrofaune	5,03	0,68	0,42	3,56
	Parcelles sans macrofaune	4,19	0,48	0,34	2,80
	Probabilité	0,39	0,46	0,51	0,18
	Signification	NS	NS	NS	NS
	CV (%)	12,70	29,80	21,90	6,80
Modes de gestion de la fertilité du sol	Compost	4,80	0,58	0,38	3,54
	Compost + urée	4,46	0,65	0,34	2,96
	Tiges + urée	5,01	0,62	0,48	3,29
	Témoin	4,17	0,47	0,31	2,93
	Probabilité	0,77	0,17	0,26	0,78
	Signification	NS	NS	NS	NS
	CV (%)	25,90	17,00	23,4	20,10
Interaction	Macrofaune* modes de gestion de la fertilité	NS ($p = 0,35$)	NS ($p = 0,55$)	NS ($p = 0,38$)	NS ($p = 0,26$)

NS : Non Significatif ; CV : Coefficient de variation

NS : No Significant ; CV : Coefficient of variation.

EFFET DE LA MACROFAUNE ET DES MODES DE GESTION DE LA FERTILITE SUR L'INDICE DE GESTION DU CARBONE

Les résultats ont montré que la présence de la macrofaune a entraîné une amélioration de la labilité (L) du carbone, de l'indice de labilité du

carbone (LI), de l'indice de pool de carbone (CPI), et de l'indice de gestion du carbone (CMI) (Tableau 3). Pour l'indice de pool de carbone et l'indice de gestion du carbone, une augmentation respectivement de 28 % et de 35 % a été observée en présence de la macrofaune du sol.

Tableau 3 : Effet de la macrofaune du sol sur l'indice de gestion du carbone.

Effect of soil macrofauna on carbon management index.

Traitements	L	LI	CPI	CMI
Parcelles avec macrofaune	0,32	1,02	1,31	128,90
Parcelles sans macrofaune	0,31	0,98	1,02	95,20
Probabilité	0,91	0,89	0,28	0,53
Signification	NS	NS	NS	NS
CV (%)	22,00	22,3	11,60	19,50

L : Labilité du carbone ; LI : Indice de Labilité du carbone ; CPI : Indice de Pool de Carbone ; CMI : Indice de Gestion du Carbone ; CV : Coefficient de Variation ; NS : Non Significatif.

L : Lability of carbon ; LI : Lability Index ; CPI : Carbon Pool Index ; CMI : Carbon Management Index ; CV : Coefficient of Variation ; NS : No Significant.

Toutefois, l'analyse de variance n'a pas révélé d'effet significatif de la macrofaune sur ces différents paramètres.

La labilité du carbone a varié selon les modes de gestion de la fertilité des sols (Tableau 4). Elle a été plus élevée sur les parcelles où l'urée a été appliquée (tiges + urée et compost + urée). Avec ces modes de gestion de la fertilité, des augmentations de la labilité de 13,33 % pour le compost + urée, et de 16,67 % pour les tiges + urée par rapport au témoin, a été observée. La labilité du carbone sur les parcelles à base de compost et le témoin, a été identique. Toutefois, l'analyse de variance n'a pas révélé d'effet significatif des modes de gestion de la fertilité sur la labilité du carbone.

Le plus fort indice de labilité du carbone a été observé avec les tiges + urée (1,09), et le plus faible indice (0,92) avec le compost (Tableau 4). Le mode de gestion de la fertilité à base de tiges + urée a augmenté l'indice de labilité du carbone de 15,96 % par rapport au témoin. Quant au compost, il a fait baisser l'indice de labilité du carbone de 2,13 % par rapport au témoin. Toutefois, l'analyse de variance n'a pas révélé

d'effet significatif des modes de gestion de la fertilité sur l'indice de labilité du carbone.

L'effet des modes de la fertilité sur l'indice de pool de carbone est présenté par le Tableau 4. Le plus fort indice de pool de carbone a été observé avec le compost, qui l'a augmenté de 20,95 % par rapport au témoin, et de 13,39 % par rapport au compost + urée. Le plus faible indice de pool de carbone a été observé sur le témoin. Toutefois, l'analyse de variance n'a pas révélé d'effet significatif des modes de gestion de la fertilité sur l'indice de pool de carbone.

Les résultats ont montré que tous les modes de gestion de la fertilité ont augmenté l'indice de gestion de la fertilité du sol (Tableau 4). L'indice de gestion du carbone le plus élevé a été observé avec les tiges + urée, suivi du compost + urée. Par rapport au témoin, les modes de gestion de la fertilité ont respectivement entraîné une augmentation de l'indice de gestion du carbone de 24,64 % pour le compost, 30,21 % pour le compost + urée, et de 44,82 % pour les tiges + urée. Toutefois, l'analyse de variance n'a pas révélé de différence significative entre les modes de gestion de la fertilité des sols.

Tableau 4 : Effet des modes de gestion de la fertilité sur la labilité, les indices de labilité, de pool de carbone et de gestion du carbone du sol.

Effect of the methods of fertility management on the carbon lability, the index of lability, the carbon pool index and the carbon management index.

Facteurs	Traitements	L	LI	CPI	CMI
Modes de gestion de la fertilité du sol	Compost	0,30	0,92	1,27	111,80
	Compost + urée	0,34	1,05	1,12	116,80
	Tiges + urée	0,35	1,09	1,24	129,90
	Témoin	0,30	0,94	1,05	89,70
	Probabilité	0,76	0,71	0,69	0,24
	Signification	NS	NS	NS	NS
	CV	24,60	24,50	25,5	22,10
	Ecart type	0,05	0,17	0,21	33,49
Interaction	Macrofaune*technologies de gestion de la fertilité	NS (p = 0,25)	NS (p = 0,25)	NS (p = 0,25)	NS (p = 0,67)

L : Labilité du carbone ; LI : Indice de Labilité du carbone ; CPI : Indice de Pool de Carbone ; CMI : Indice de Gestion du Carbone ; CV : Coefficient de Variation ; NS : Non Significatif

L : Lability of carbon ; LI : Lability Index ; CPI : Carbon Pool Index ; CMI : Carbon Management Index ; CV : Coefficient of Variation ; NS : No Significant.

EFFET DE LA MACROFAUNE ET DES MODES DE GESTION DE LA FERTILITE SUR LA PRODUCTION DU NIEBE

Les rendements en graines et en fanes ont été évalués en 2012. Les résultats ont montré que le meilleur rendement en graines (1378 kg.ha⁻¹) a été obtenu sur les traitements compost en présence de la macrofaune du sol (Tableau 5). Ce traitement diffère statistiquement des autres traitements. En effet, en présence de la macrofaune, le compost a augmenté le

rendement en graines de 88,5 % par rapport au compost en absence de la macrofaune du sol. Il est suivi du traitement Tiges + urée (1190 kg.ha⁻¹). Les rendements en fanes ont suivi les mêmes tendances que les rendements en graines. En effet, le rendement en fanes le plus élevé (2397 kg.ha⁻¹) a été obtenu sur le traitement à base de compost seul en présence de la macrofaune du sol. Ce traitement diffère de l'ensemble des traitements en présence comme en absence de la macrofaune du sol.

Tableau 5 : Effet de la macrofaune et des modes de gestion de la fertilité sur la productivité du niébé.

Effect of macrofauna and the methods of fertility management on cowpea productivity.

Traitements	Rendement en graines (kg.ha ⁻¹)		Rendement en fanes (kg.ha ⁻¹)	
	Avec macrofaune	Sans macrofaune	Avec macrofaune	Sans macrofaune
Compost	1378 ^a	731 ^{de}	2605 ^a	1322 ^d
Compost + Urée	794 ^{cd}	850 ^c	2146 ^b	1439 ^d
Tiges + Urée	1190 ^b	654 ^{ef}	1763 ^c	1573 ^{cd}
Témoin	637 ^{ef}	595 ^f	1483 ^d	988 ^e
Probabilité	< 0,001		< 0,001	
Coefficient de variation (%)	6,5		7,8	
Signification	THS		THS	

Dans chaque groupe (rendement en graines et rendement fanes), les moyennes suivies de la même lettre ne diffèrent pas significativement au seuil de 5 % ; THS : Très Hautement Significatif.

In each group (seed yield and fodder yield), the means followed by the same letter did not differ significantly at the 5 % threshold ; THS : Very Highly Significant.

DISCUSSION

EFFET DE LA MACROFAUNE ET DES MODES DE GESTION DE LA FERTILITE SUR LE CARBONE TOTAL

Les résultats ont montré que les sols sont pauvres en carbone organique (moins de 1 % de carbone). Les modes de gestion de la fertilité ainsi que la macrofaune, n'ont pas eu d'impact significatif sur le carbone du sol. Ces résultats sont en accord avec ceux de Ouédraogo *et al.* (2006) et Xu *et al.* (2011), qui avaient montré que l'incorporation de matière organique au sol notamment des tiges, n'entraînait pas une augmentation significative de la teneur en carbone à court terme. Ils peuvent s'expliquer par la minéralisation rapide de la matière organique en zone tropicale notamment dans les sols à texture grossière (Nacro *et al.*, 1996), entraînant par conséquent un faible stockage du carbone dans le sol.

La suppression de la macrofaune a entraîné une baisse du carbone total. Ces résultats s'expliquent par l'absence de la macrofaune du sol, qui selon Corsi *et al.* (2012), est un important régulateur de la décomposition et de la dynamique de la matière organique. En effet, l'activité de la macrofaune facilite la décomposition et l'humification (Wolters, 2000 ; Corsi *et al.*, 2012). En outre, elle participe à la bioturbation conduisant ainsi à la protection physique de la matière organique dans des agrégats stables (Frouz *et al.*, 2009 ; Jouquet *et al.*, 2011). Ainsi, sans macrofaune, le carbone apporté est exposé et pourrait être totalement minéralisé ; par contre en présence de macrofaune, une partie plus ou moins importante du carbone est séquestrée soit dans les turricules par les vers de terre, soit dans les structures construites par les termites. Ce carbone plus stable devient difficilement minéralisable (Brauman, 2000), d'où l'augmentation de la teneur en carbone constatée en présence de la macrofaune du sol. Ces résultats corroborent ceux de Hedde (2006), qui a montré que l'augmentation de la diversité spécifique des vers de terre stabilise la minéralisation du carbone et augmente la stabilité structurale et la teneur en matière organique des agrégats.

Les plus fortes teneurs en carbone dans les fractions intermédiaire et fine ont été observées

dans les parcelles amendées avec des tiges + urée. Ces résultats pourraient s'expliquer par la réduction de la minéralisation du carbone dans la fraction fine suite à l'adjonction d'urée aux tiges. En effet, l'azote de l'urée est plus facilement utilisé par les microorganismes. Par contre, lorsqu'il s'est agi d'un substrat à C/N plus bas et facilement décomposable comme le compost, l'ajout d'urée a entraîné une baisse de la teneur en carbone total dans les fractions intermédiaire et fine. Ces résultats corroborent ceux de Ouédraogo *et al.* (2006) pour qui, l'incorporation de tiges et d'urée a un effet positif sur le carbone du sol.

EFFET DE LA MACROFAUNE ET DES MODES DE GESTION DE LA FERTILITE SUR L'INDICE DE GESTION DU CARBONE

L'indice de gestion du carbone est un indicateur sensible de la qualité et de la quantité de la matière organique du sol. Selon Blair *et al.* (1995), il peut être utilisé pour évaluer l'effet de pratique de gestion des sols sur le carbone du sol. Les résultats ont montré qu'en présence de macrofaune, l'apport de la matière organique associée ou non à l'urée, a entraîné une augmentation de l'indice de gestion du carbone par rapport au témoin (Tableau 4). Par contre, en absence de macrofaune, les résultats sont plus contrastés. L'indice de gestion du carbone le plus élevé a été obtenu avec le mode Tiges + Urée, en présence et en absence de la macrofaune du sol, confirmant que la combinaison de tiges et d'urée augmente l'indice de gestion du carbone (Xu *et al.*, 2011). Ainsi, la valorisation des résidus de cultures directement au champ ou à travers le compostage, est une solution pour séquestrer le carbone dans les sols et assurer la durabilité des systèmes de production agricole.

Il est intéressant de noter que la présence de la macrofaune est un élément important dans la gestion du carbone. Les résultats ont montré que la présence de la macrofaune a augmenté l'indice de gestion du carbone. Ce résultat a mis en évidence le rôle de la macrofaune dans la gestion durable des sols agricoles. Il s'explique par la stabilisation de la matière organique dans le sol grâce à l'action de la macrofaune (Fox *et al.*, 2006) et par l'augmentation de la translocation de la matière organique dans la fraction minérale évoquée par Frouz *et al.* (2006 et 2007).

EFFET DE LA MACROFAUNE ET DES MODES DE GESTION DE LA FERTILITE SUR LA PRODUCTION DU NIEBE

Le mode de gestion de la fertilité basé sur l'usage du compost seul a été favorable à une amélioration de la productivité du niébé. Aussi, l'apport combiné de tiges et d'urée a amélioré significativement le rendement. La présence de la macrofaune a amélioré le rendement en particulier avec le compost et les tiges + urée. Ceci montre clairement que la présence de la macrofaune est nécessaire pour la décomposition rapide de la matière organique (Ouédraogo *et al.*, 2004) et donc, pour la mise à disposition des nutriments pour les cultures. Ces résultats sont en accord avec les observations de Ouédraogo *et al.* (2014) et Lavelle *et al.* (2006), qui indiquent que la présence de la macrofaune entraîne une augmentation de la production agricole grâce à son rôle dans l'amélioration des propriétés chimiques, physiques et biologiques du sol. Les travaux de Ouédraogo *et al.* (2006) ont également montré que la combinaison de matière organique de pauvre qualité (C/N élevé) à l'urée permet d'accroître l'efficacité de l'utilisation de l'eau et des nutriments par le sorgho.

CONCLUSION

La macrofaune est un facteur clé des processus chimiques dans le sol. Les résultats ont montré qu'à court terme (deux années), la macrofaune, les modes de gestion de la fertilité et leur interaction n'ont pas eu d'effet significatif sur le carbone total et l'indice de gestion du carbone. Toutefois, ces paramètres ont été améliorés avec l'apport des tiges + urée. L'étude a révélé aussi que la présence de la macrofaune a amélioré le carbone total des sols, et l'indice de gestion du carbone. Par ailleurs, la présence de la macrofaune a amélioré significativement le rendement en graine du niébé surtout en cas d'apport de compost. La gestion de la macrofaune du sol pourrait donc contribuer à long terme à la séquestration du carbone, utile pour atténuer les effets de la variabilité et du changement climatiques, et assurer la durabilité des systèmes de production agricole à faibles intrants.

REMERCIEMENTS

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

REFERENCES

- Bai Z. G., Dent D. L., Olsson L., Schaepman M. E., 2008. Proxy global assessment of land degradation. Review article. *Soil Use and Manage*, 24 : 223 - 234.
- Bationo, A., Kihara, J., Vanlauwe, B., Waswa, B., Kimetu, J., 2007. Soil organic carbon dynamics, functions and management in West African agro-ecosystems. *Agr. Syst*, 94 : 13 - 25.
- Bationo A., Waswa B., Abdou A., Bado B.V., 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: A. Bationo, B. Waswa, J. Kihara, I. Adolwa, B. Vanlauwe, K. Saidou (Eds.). Lessons learned from long term soil fertility management experiments in Africa. Springer : pp. 1 - 26.*
- Blair G. J., Lefroy R. D. B., Lisle L., 1995. Soil Carbon Fractions Based on their Degree of Oxidation, and the Development of a Carbon Management Index for Agricultural Systems. *Aust. J. Agr. Res*, 46 : 1459 - 1466.
- Brauman A., 2000. Effect of gut transit and mound deposit on soil organic matter transformations in the soil feeding termite: A review. *Eur. J. Soil Biol*, 36 : 1 - 9.
- Chenu C., Klumpp K., Bispo A., Angers D., Colnenne C., Metay A., 2014. Stocker du carbone dans les sols agricoles : évaluation de leviers d'action pour la France. *Innovations Agronomiques*, 37 : 23 - 37.
- Corsi S., Friedrich T., Kassam A., Pisante P., de Moraes J., 2012. Soil Organic Carbon Accumulation and Greenhouse Gas Emission Reductions from Conservation Agriculture : A literature review. *Integrated Crop Management*, 16 : 1 - 89.
- Feller C., 1979. Une méthode de fractionnement granulométrique de la matière organique des sols. Application aux sols tropicaux à

- textures grossières, très pauvres en humus. Cahiers O.R.S.T.O.M. Série Pédologie XVII (4) : 339 - 346.
- Fox O., Vetter S., Ekschmitt K., Wolters V., 2006. Soil fauna modifies the recalcitrance-persistence relationship of soil C pools. *Soil Biol. Biochem*, 38 : 1353 - 1363.
- Frouz J., Elhottová D., Kuráž V., Šourková M., 2006. Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and un reclaimed post mining sites : Results of a field microcosm experiment. *Appl. Soil Ecol*, 33 (3) : 308 - 320.
- Frouz J., Elhottová D., Pižl V., Tajovský K., Šourková M., Pícek T., Malý S., 2007. The effect of litter quality and soil faunal composition on organic matter dynamics in post-mining soil: A laboratory study. *Appl. Soil Ecol*, 37 (1 - 2) : 72 - 80.
- Frouz J., Pižl V., Cienciala E., Kalčík J., 2009. Carbon storage in post-mining forest soil, the role of tree biomass and soil bioturbation. *Biogeochemistry*, 94 (2) : 111 - 121.
- Hedde M., 2006. Etude de la relation entre la diversité des macro-invertébrés et la dynamique de la matière organique des sols limoneux de Haute-Normandie. Thèse de Doctorat en Ecologie, Université de Rouen, France, 197 p.
- Jouquet P., Traoré S., Choosai C., Hartmann C., Bignell D., 2011. Influence termites on ecosystem functioning : ecosystem services provided by termites. *Eur. J. Soil Biol*, 47 : 215 - 222.
- Lal R., 2006. Enhancing crop yields in the developing countries through restoration of the soil organic carbon pool in agricultural lands. *Land Degrad. Dev*, 17 : 197 - 209.
- Lal R., 2011. Sequestering carbon in soils of agro-ecosystems. *Food Policy*, 36 : S33 - S39.
- Lavelle P., Decaëns T., Aubert M., Barot S., Blouin M., Bureau F., Margerie P., Mora P., Rossi J.-P., 2006. Soil invertebrates and ecosystem services. *Eur. J. Soil Biol*, 42 : S3 - S15.
- Mafongoya P. L., Bationo A., Kihara J., Waswa B. S., 2006. Appropriate technologies to replenish soil fertility in southern Africa. *Nutr.Cycl.Agroecosyst*, 76 : 137 - 151.
- Moebius-Clune B. N., van Es H. M., Idowu O. J., Schindelbeck R. R., Kimetu J. M., Ngoze S., Lehmann J., Kinyangi J. M., 2011. Long-term soil quality degradation along a cultivation chronosequence in western Kenya. *Agr.Ecosyst. Environ*, 141 : 86 - 99.
- Nacro H. B., Benest D., Abbadie L., 1996. Distribution of microbial activities and organic matter according to particle size in a humid savanna soil (Lamto, Côte d'Ivoire). *Soil Biol. Biochem*, 28 (12) : 1687 - 1697.
- Ouédraogo E., 2004. Soil quality improvement for crop in semi-arid West Africa. PhD Thesis. University and research centre, Wageningen, The Netherlands, 193 p.
- Ouédraogo E., Mando A., Brussaard L., 2004. Soil macrofaunal-mediated organic resource disappearance in semi-arid West Africa. *Appl. Soil Ecol*, 27 : 259 - 267.
- Ouédraogo E., Mando A., Stroosnijder L., 2006. Effects of tillage, organic resources and nitrogen fertiliser on soil carbon dynamics and crop nitrogen uptake in semi-arid West Africa. *Soil Till. Res*, 91 (1 - 2) : 57 - 67
- Ouédraogo J., Nacro H.B., Ouédraogo E., Youl S. et Sedogo M.P., 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. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 8 (4) : 1838 - 1846.
- Ouédraogo J., Ouédraogo E., Nacro H. B., 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. *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 8 (1) : 104 - 114.
- Ouédraogo J., Ouédraogo E. et Nacro H.B., 2017b. La macrofaune du sol améliore l'efficacité de l'utilisation de l'énergie par les microorganismes. *J. Appl. Biosci.*, 114 : 11345 - 11356
- Ouédraogo J., Ouédraogo E., Traoré M., Youl S., Nacro H. B., 2017a. Interaction between the Management of Soil Fertility and Macrofauna Reduces Runoff on a Lixisol in the North-sudanese Zone of Burkina Faso. *Exp. Agr.*, 53 (1) : 12 - 26.
- Powelson D. S., Whitmore A. P., Goulding K. W. T., 2011. Soil carbon sequestration to mitigate climate change : a critical re-examination to identify the true and the false. *Review. Eur. J. Soil Sci.*, 62 : 42 - 55.
- Sedogo P. M., Lompo F., Ouattara B., 1994. Le carbone et l'azote dans les différentes fractions granulométriques d'un sol ferrugineux tropical : effets de quatre types d'amendements organiques. *Science et Technique, Série Science de la Nature*, 21 (1) : 114 - 124.
- Six J., Feller C., Denef K., Ogle S. M., Sa J. C. D., Albrecht A., 2002. Soil organic matter, biota

- and aggregation in temperate and tropical soils - Effects of no-tillage. *Agronomie*, 22 : 755 - 775.
- Walkley A., Black I. A., 1934. An examination method of the detjareff and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Sci.*, 37 : 29 - 38.
- Wolters V. 2000. Invertebrate control of soil organic matter stability. *Biol.Fert. Soils*, 31 : 1 - 19.
- WRB (World Reference Base for Soil Resources), 2006. A framework for International Classification, Correlation and Communication. FAO, Rome, Italie, 128 p.
- Xu M., Lou Y., Sun X., Wang W., Baniyamuddin M., Zhao K., 2011. Soil organic carbon active fractions as early indicators for total carbon change under straw incorporation. *Biol. Fert. Soils*, 47 (7) : 745 - 752
- Zougmoré R., 2003. Integrated water and nutrient management for sorghum production in semi-arid Burkina Faso. Tropical Resource Management Papers 45, Wageningen, Pays Bas, 205 p.