



Effets des produits coquillers de *Achatina sp.*, *Donax sp.* et *Ostrea sp.* dans l'amendement d'un fluvisol gleyique à Toumbokro, côte d'ivoire

[Effects of *Achatina sp.*, *Donax sp.* and *Ostrea sp.* shells used as amendments of gleyic fluvisols in Toumbokro, Côte d'Ivoire]

KOUADIO Koffi Patrice^{*1}; YAO-KOUAME Albert²; ALUI Konan Alphonse²; ANGUI Kouassi T. Pascal¹.

¹Université d'Abobo Adjamé, UFR des Sciences et Gestion de l'Environnement (SGE), Laboratoire de Géosciences et Environnement, 02 BP 801 Abidjan 02. ²Université de Cocody, UFR des Sciences de la Terre et des Ressources Minières (STRM), Département des sciences du sol, 22 BP 582 Abidjan 22, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant: k.koffipatrice@yahoo.fr autre adresse: kkpatrice@hotmail.fr

Original submitted on 11th August 2010. Published online at www.biosciences.elewa.org on October 7, 2010

RESUME

Objectif: Identifier des doses d'amendements calciques à base de produits coquillers nécessaires pour une gestion durable des fluvisols.

Méthodologie et résultats: Dans un dispositif expérimental en bloc de Fisher, 7 traitements de produits coquillers ont été mis en place, à partir des broyats de coquilles de *Achatina sp.* (E), *Donax sp.* (D), *Ostrea sp.* (H) et de leurs combinaisons (D*E, D*H, E*H et D*E*H), aux doses respectives de 500, 1000 et 1500 kg.ha⁻¹. Un témoin (sans apport d'engrais) a été ajouté aux différents traitements.

Les broyats de *Ostrea sp.* (H) renferment plus de Ca²⁺ (27,48 cmol.kg⁻¹) que ceux de *Achatina sp.* (E) et *Donax sp.* (D), qui contiennent, respectivement, 20,88 et 19,98 cmol.kg⁻¹. La combinaison E*H augmente les valeurs C/N. Les traitements D*H, D à la dose de 1500 kg.ha⁻¹ et D*E*H aux différentes doses, permettent une libération abondante de l'ion Ca²⁺ dans les fluvisols. Tous les traitements appliqués réduisent la concentration des ions Al³⁺ (aluminium échangeable). La variabilité des réponses des fluvisols de la zone de Toumbokro, aux apports d'amendements calciques autorise à admettre des effets directs de ces produits sur le pH et la concentration en ions calcium (Ca²⁺). L'augmentation du taux d'argiles traduit l'amélioration de la stabilité structurale, et de la cohésion des agrégats dans les fluvisols. Les faibles valeurs du pH, du calcium échangeable et les valeurs de CEC (Capacité d'Echange des Cations) ont permis de réduire les concentrations de l'aluminium échangeable (Al³⁺).

Conclusion et application : Ce travail de recherche agronomique montre l'importance des broyats des coquilles des trois organismes sur les propriétés physiques et chimiques des fluvisols gleyiques de Toumbokro en vue d'accroître durablement les rendements des cultures. Les résultats obtenus indiquent que les produits coquillers issus de *Achatina sp.* et *Ostrea sp.* aux doses de 1000 et 1500 kg.ha⁻¹ pourraient être recommandés pour l'intensification des cultures sur fluvisols afin de corriger l'acidité du sol. Une étude de ces amendements calciques pourrait être envisagée pour une gestion durable des différents types de sols en Côte d'Ivoire.

Mot clés: Fluvisols, produits coquillers, amendement calcique, Côte d'Ivoire.

ABSTRACT

Objective: Identifying doses of calcic amendments based on shellfish products for improved management of fluvisols.

Methodology and results: In an experimental block design (Fisher), 7 treatments of shellfish products from shredded shells of *Achatina sp.*(E), *Donax sp.*(D), *Ostrea sp.*(H) and their combinations (D*E, D*H, E*H and D*E*H) were evaluated at doses of 500, 1000 and 1500 kg.ha⁻¹. A control (without fertilizer) was included in the experiments.

Results showed that shredded shells of *Ostrea sp.* (H) contain more Ca²⁺ (27.48 cmol.kg⁻¹) than those of *Achatina sp.* (E), and *Donax sp.* (D), which contain respectively 20.88 and 19.98 cmol.kg⁻¹. The E*H combination increased the C/N value. The D*H, D treatments of 1500 kg.ha⁻¹ dose and D*E*H in different doses allow abundant liberation of ions Ca²⁺ in fluvisols. All treatments reduce the ions Al³⁺ concentration (exchangeable aluminum). The fluvisols response to calcium amendments indicate there is a direct effects on the pH emanating from the added calcium ions (Ca²⁺). The increase in clay component improved the structural stability and cohesion of aggregates in the fluvisols. The low values of pH, exchangeable calcium and CEC's values have allowed reduction of the exchangeable aluminum concentrations (Al³⁺).

Conclusion and application: This agronomic research shows the importance of the shredded shells from on the physical and chemical properties of fluvisols gleyic in Toumbokro to increase sustainable crop yields. The results indicate that the products shellfish from *Achatina sp.* and *Ostrea sp.* at doses of 1000 and 1500 kg ha⁻¹ could be recommended for crop's intensification on fluvisols in order to correct soil acidity. A study of calcic amendments could be considered for improved management of different soil types in Côte d'Ivoire.

Key words: Fluvisols, shells' products, calcium amendment, Côte d'Ivoire.

INTRODUCTION

L'économie des pays en voie de développement d'Afrique subsaharienne, notamment celle de la Côte d'Ivoire est basée sur l'exploitation des ressources naturelles (Sawadogo et al, 2008). Mais, depuis plusieurs années cette économie connaît une crise due à la baisse de la fertilité des sols productifs, et cela compromet sérieusement l'avenir des générations futures. Le taux élevé de la croissance démographique conjugué à une faible intensification de l'agriculture, est généralement responsable de la dégradation des terres (Breman et al, 1998 ; Ouédraogo et Millogo, 2007). Cette situation provoque une baisse considérable des rendements agricoles et entraîne la famine ainsi que la pauvreté des populations.

La perpétuation des systèmes de culture et leur mode de gestion traditionnelle connaissent un faible niveau d'apport de fertilisants, conduisant ainsi à une dégradation générale des sols : baisse de fertilité, augmentation de l'érosion, perte de biodiversité faunique et microbienne (Blanchart et al, 2005). La rectification de cette dégradation des sols et l'augmentation de la productivité par une gestion et une conservation appropriée des sols

peuvent cependant jouer un rôle important en permettant l'amélioration du niveau de sécurité alimentaire des ménages, de l'exploitation et du développement agricole (FAO, 2003).

La culture itinérante sur brûlis (Yemefack et Nounamo, 2000), est le système de culture le plus répandu en Côte d'Ivoire. Dans ce système, les terres «fatiguées» étaient autrefois naturellement mises en jachères pendant 10 à 30 ans, afin de restaurer leur fertilité. Mais la forte demande en terres cultivables, a aujourd'hui entraîné une réduction de la durée de la jachère de 3 à 5 ans (Gnahoua, 2004 ; Koné, 2009); ce qui ne permet plus aux jachères de restaurer la fertilité des sols. Devant une telle situation, il apparait impérieux, pour la Côte d'Ivoire, d'identifier des pratiques agricoles durables adaptées aux contraintes pédoclimatiques de chaque région. C'est dans ce cadre que sont menées, à Toumbokro, des expérimentations avec de traitements calciques issus des produits coquillers, riches en calcium (Aboua, 1990). Cette étude a pour objectif d'évaluer l'incidence de ces produits coquillers sur les propriétés du fluvisol gleyique.

MATERIEL ET METHODES

Description du site d'étude: Située au centre de la Côte d'Ivoire, la zone d'étude (Toumbokro) est délimitée par les coordonnées 6°55'32,24"N et 5°30'02,25"W (Figure 1). Le climat est du mode de

transition tropical, la pluviométrie moyenne varie entre 900 - 1100 mm par an, avec une répartition spatiale très variable dans l'année. La température moyenne est d'environ 26°C dans l'année (Brou, 2005).

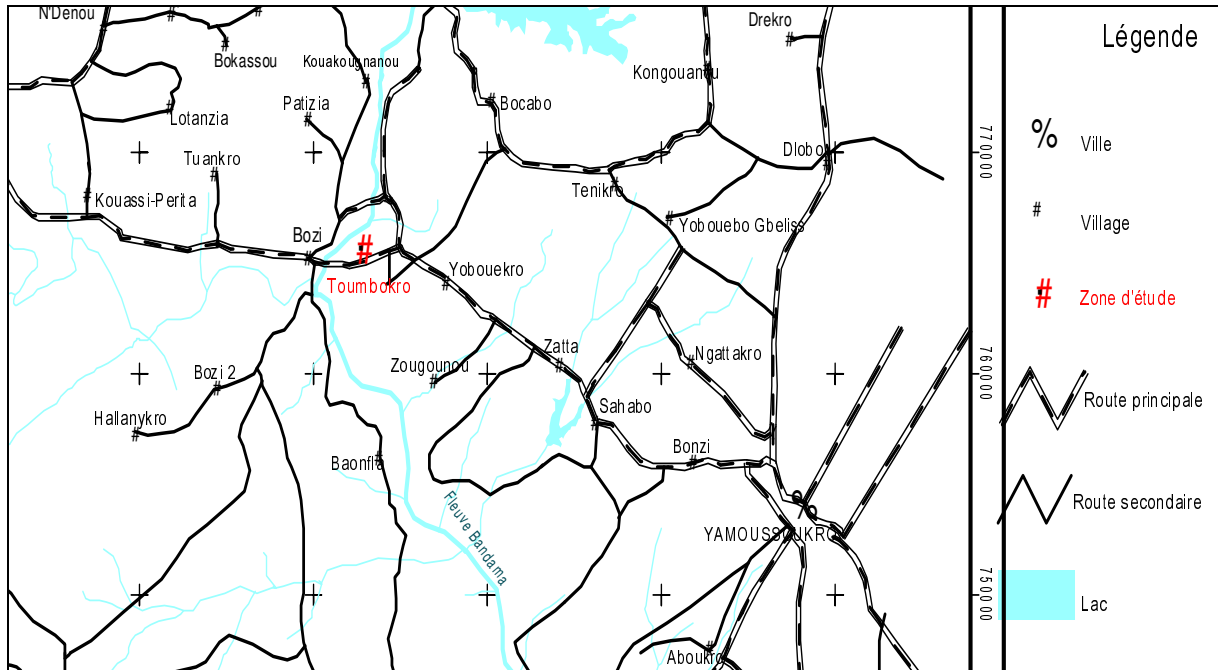


Figure 1: Situation de Toumbokro, Cote d'Ivoire.

Caractérisation du matériel biologique : Dans le cadre de cette étude, le matériel biologique utilisé est constitué de broyats des coquilles d'escargots (*Achatina sp.*), *Donax sp.* et d'huîtres (*Ostrea sp.*)

(Figure 2). Après l'analyse de laboratoire, les éléments chimiques constitutifs sont énumérés dans le tableau 1.

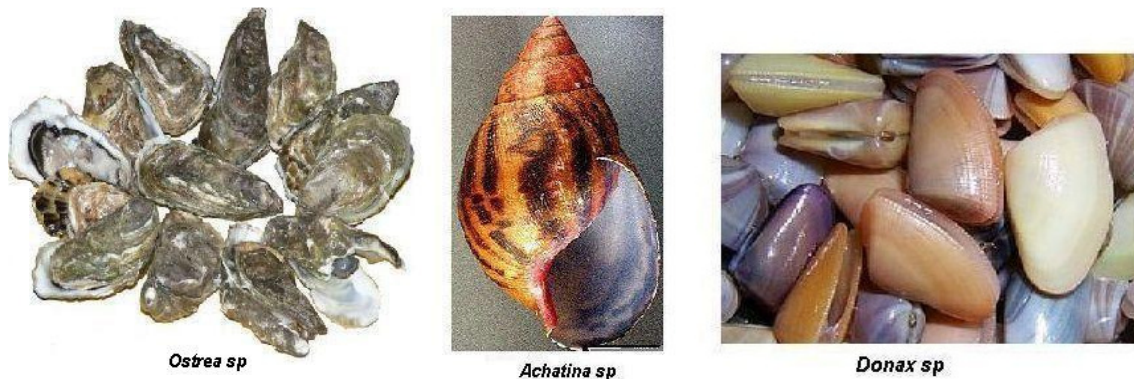


Figure 2: Coquilles utilisées pour amender les sols

Tableau 1: Composition chimique des broyats de coquilles.

Espèces	Acidité	Azote, matière organique (g.kg ⁻¹) et phosphore (mg.kg ⁻¹)				Complexe absorbant (cmol.kg ⁻¹)				Oligo-éléments (g.kg ⁻¹)			
		pH	C	N	C/N	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Fe	Mn	Cu
<i>Donax sp.</i>	8,3	1,42	0,11	12,91	0,14	19,98	0,06	0,50	0,04	200	10	19	0
<i>Achatina sp.</i>	8,0	2,89	0,25	11,56	0,05	20,88	0,06	0,89	0,01	52	6	18	0
<i>Ostrea sp.</i>	8,4	1,52	0,16	9,50	0,06	27,48	0,14	0,71	0,09	42	7	21	0

Dispositif expérimental : Le dispositif expérimental est un bloc de Fisher (blocs complets randomisés). La parcelle expérimentale est constituée de 9 blocs comprenant chacun 8 sous parcelles (7 traitements de produits coquillers et un témoin). Chaque sous parcelle est un carré de 3 m de côté et de surface 9 m². La distance qui sépare 2 sous parcelles est de 3 m. Pour l'expérimentation, 7 traitements de produits coquillers ont été mis au point à partir des broyats de coquilles de *Achatina sp.* (E), *Donax sp.* (D), *Ostrea sp.* (H) et de leurs combinaisons (D*E, D*H, E*H et D*E*H), aux doses de 500, 1000 et 1500 kg.ha⁻¹. Un témoin a été ajouté aux différents traitements. Chacune des doses de chaque traitement et le témoin ont été répétées 3 fois.

Prélèvements et conditionnement des échantillons de sols et de coquilles : Les coquilles de *Achatina sp.*, *Ostrea sp.* et de *Donax sp.* ont été prélevées, respectivement, au marché Gouro d'Adjamé (Abidjan), en bordure de la lagune Ebrié et sur les plages d'Abidjan et de Grand-Bassam. Ces coquilles ont été broyées, tamisées et conditionnées dans des sachets en polyéthylène. Quatre (4) échantillons de chaque type de coquilles ont été soumis à différentes analyses. Les échantillons de sols ont été collectés avant et après application des différents traitements de produits

coquillers dans des fosses pédologiques, à une profondeur de 0 - 40 cm. Les échantillons de sols ont été conditionnés dans des sacs plastiques en polyéthylène pour des analyses en laboratoire.

Analyses en laboratoire: Le pH du sol et des broyats des coquilles a été déterminé selon le rapport de sol/eau. Les teneurs en C et N total des échantillons ont été déterminés, respectivement, selon les méthodes de Walkley-Black (1934) et par digestion. L'extraction des éléments (P, K, Ca, Mg, Cu, Fe, Mn et Zn) a été effectuée par les méthodes Mehlich III (Mehlich, 1984) et EPA (Philip et David, 2009), leur dosage a ensuite été effectué par spectromètre d'émission au plasma. La distribution de la taille des agrégats a été déterminée par la méthode de tamisage sous eau.

Analyses statistiques: Les résultats obtenus ont été analysés statistiquement à l'aide du logiciel STATISTICA 7.1 à travers une analyse de la variance (ANOVA); chaque fois qu'une différence significative est révélée, l'ANOVA est complétée par le test de Tukey, qui permet d'identifier la ou (les) variable(s) très significativement différente(s) des autres. Les moyennes des variables ont été séparées au seuil $\alpha = 0,05$ et $\alpha = 0,01$.

RESULTATS

Description des sols : Les sols du site expérimental ont une humidité moyenne à faible (20 à 30%); une coloration brun-orangée (5YR 6/8), brun-tachetée (6,5 YR 6/3) à brun-noirâtre (2,5 YR 3/4); une texture argilo-sableuse à sable fin (teneur en argile). Les sols sont très peu poreux.

Caractéristiques physico-chimiques des différents sols

Granulométrie du sol : Les différents types de fertilisants (D, E, H) apportés en fonction des 3 doses (1; 2; 3) modifient la teneur en argile (A), en limons et en sables dans le sol (Tableau 2). Dans la plupart des cas, ces apports comportent une différence hautement

significative par rapport au sol n'ayant pas reçu de fertilisants. Pour la teneur en argile, les sols ayant reçu le fertilisant D3 ont donné la plus grande teneur (51,78 g.kg⁻¹) par rapport aux sols témoins. La teneur en limons fins (Lf) chute à 13,98 g.kg⁻¹ pour les sols ayant reçu E3, et augmente de 10,43 g.kg⁻¹ en limons grossiers (Lg) pour les sols ayant reçus E2. Les taux en sables grossiers (Sg) sont relativement élevés, surtout au niveau des combinaisons de broyats de coquilles, qui varient de 17,49 à 24,29 g.kg⁻¹. Pour les sables fins (Sf), les forts taux sont obtenus au niveau des sols ayant reçu les fertilisants et les doses E2 (19,24 g.kg⁻¹), H1 (20,14 g.kg⁻¹) et D1 (19,45 g.kg⁻¹).

Evolution de l'acidité du sol : Initialement, les sols du site d'étude sont moyennement acides (pH eau = 5,6; pH KCl = 5,3). Après l'apport des différents fertilisants, les valeurs du pH varient de 6,1 à 6,6 pour le pH eau, et de 5,7 à 6,2 pour le pH KCl. Les teneurs de l'aluminium échangeable Al^{3+} par rapport aux sols témoins, sont en diminution de $1,2 \text{ cmol.kg}^{-1}$ pour les sols témoins et de $0,01 \text{ cmol.kg}^{-1}$ pour la plupart des sols traités (Tableau 3).

Evolution de l'azote et de la matière organique : Les teneurs d'azote varient de $0,13$ à $0,19 \text{ g.kg}^{-1}$ dans les sols ayant reçu les fertilisants E, E*H et les sols témoins se comportent de la même façon. La différence se situe au niveau des sols ayant reçu les fertilisants H, D, D*E, D*H et D*E*H dont les teneurs varient de $0,22$ à $0,28 \text{ g.kg}^{-1}$. Les teneurs en matière organique dans les sols traités avec les produits D, et D*H demeurent pratiquement constants par rapport aux témoins, mais varient dans les sols ayant reçu les fertilisants E*H ($3,88$ à $3,91 \text{ g.kg}^{-1}$), D*E ($4,05$ à $4,08 \text{ g.kg}^{-1}$), E1 ($5,01 \text{ g.kg}^{-1}$), et H1 (4 g.kg^{-1}) (Tableau 3).

Complexe adsorbant et capacité d'échange cationique : Le complexe sorbant (Tableau 4) au niveau des sols avant et après l'application des

fertilisants est dominé par des teneurs élevées de Ca^{2+} , de Mg^{2+} , de K^+ et de Na^+ . La combinaison des fertilisants D*E, D*H et le traitement D*E*H donnent des teneurs de Ca^{2+} relativement fortes avec des taux variant de $6,84$ à $7,28 \text{ c.mol}^{-1}$, à l'exception de la combinaison E*H qui varie de $5,86$ à $5,9 \text{ c.mol}^{-1}$. Les taux de Mg^{2+} varient seulement au niveau des sols ayant reçu H1 ($2,92 \text{ c.mol}^{-1}$) avec des taux relativement faibles par rapport aux sols témoins. Quant aux teneurs de K^+ , les plus élevées concernent les fertilisants E1 ($0,77 \text{ c.mol}^{-1}$), D2 ($0,75 \text{ c.mol}^{-1}$), H2 et H3 ($0,55$ à $0,58 \text{ c.mol}^{-1}$); et, D*E et D*H ($0,49$ à $0,82 \text{ c.mol}^{-1}$). L'apport aux sols des produits coquillers ne libère pas assez de Na^+ . Les valeurs de CEC comportent des différences significatives, notamment pour les fertilisants E1 ($88,2 \text{ c.mol}^{-1}$) et H3 ($63,29 \text{ c.mol}^{-1}$).

Oligo-éléments : Les proportions du fer dans les sols (Tableau 4) H1 (14 c.mol^{-1}), H2 (16 c.mol^{-1}), D1 (16 c.mol^{-1}) et D*H (14 à $16,66 \text{ c.mol}^{-1}$) sont relativement faibles, comparées à celles obtenues avec D*E ($34,66$ à $36,66 \text{ c.mol}^{-1}$). Le produit E2 donne une teneur de Mn relativement élevée (104 c.mol^{-1}). Par contre, les taux de Mn sont faibles au niveau des sols fertilisés par E1 (15 c.mol^{-1}), D1 (18 c.mol^{-1}) et D3 (8 c.mol^{-1}).

DISCUSSION

Les résultats obtenus montrent suite aux divers traitements, les caractéristiques (granulométrie, acidité et le complexe sorbant) du sol ont été modifiées. Le pH, premier indicateur de cette évolution, a augmenté sous l'action des produits coquillers, ce qui permet une alcalinisation des ions apportés sur les constituants des sols grâce aux carbonates en excès (Debuyser-Pernes et Tessier, 2002). En effet, les traitements appliqués apportent suffisamment de calcium (Ca^{2+}) au sol. Ce qui pourrait expliquer l'augmentation des valeurs de pH (faiblement acide à neutre) observées (Pallo *et al*, 2008). Les résultats concordent avec ceux des travaux de Bortoluzzi et Tessier (2002) qui ont montré qu'un apport d'amendement basique calcique se traduit généralement par une faible augmentation du pH, une forte augmentation de calcium échangeable, de la CEC et une diminution de la concentration de l'aluminium échangeable (Al^{3+}).

Les traitements appliqués au sol semblent avoir un effet sur la granulométrie et l'augmentation des concentrations de Ca^{2+} ainsi que la baisse des concentrations des ions Al^{3+} dans les sols traités et sont également à relier au pH. Dans l'intervalle restreint [6,5; 7,5] de pH, le calcium échangeable est

progressivement chassé des constituants organiques et minéraux pendant que la capacité d'échange des cations diminue. En dessous de pH égal à 6, le calcium représente moins de 5% de la CEC. Il est remplacé sur le complexe adsorbant par des ions Al^{3+} (cations) comme dans le cas de pH inférieur à 5, où les cations Al^{3+} représentent plus de 80% de la CEC du sol. L'importance de ces derniers est montrée par le lien entre la CEC mesurée au pH du sol et la rétention de l'eau à ce potentiel. Ce qui est conforme aux travaux de Bigorre *et al* (2002) qui montrent que la rétention de l'eau est liée à la valeur de la capacité d'échange cationique du sol. Les doses des produits coquillers, apportées, augmentent considérablement les teneurs en argile du sol. Cela se traduit par une formation d'agrégats plus gros, permettant une stabilité structurale du sol afin d'assumer des fonctions de sa protection pour une meilleure productivité des cultures. Ces résultats concordent avec ceux de Barthès et Roose (2001) qui ont montré que la formation d'agrégats est plus marquée lorsque le sol renferme au moins 20% d'argile et un taux relativement élevé en Ca^{2+} .

Tableau 2 : Evolution de la granulométrie du sol traité avec des quantités variables de coquilles de trois organismes.

Traitements		Granulométrie (g.kg ⁻¹)				
		A	Limons		Sables	
			Lf	Lg	Sf	Sg
Aucun apport	Avant	40,22 ab	20,16 a	8,97 ab	17,65 ab	12,99 b
	Après	39,51 ab	20,18 a	8,86 ab	17,65 ab	13,79 b
E	1	33,83 b	22,55 a	5,48 b	18,64 ab	19,49 a
	2	33,07 b	21,77 a	10,43 a	19,24 a	15,47 b
	3	38,81 ab	13,98 b	7,78 ab	14,98 b	24,45 a
H	1	27,24 b	22,57 a	7,12 ab	20,14 a	22,92 a
	2	30,45 b	23,7 a	8,28 ab	16,58 ab	20,98 a
	3	38,94 ab	20,45 a	8,25 ab	16,86 ab	15,48 b
D	1	33,26 b	17,62 a	8,34 ab	19,45 a	21,32 a
	2	41,14 ab	18,77 a	9,57 ab	14,55 b	15,96 b
	3	51,78 a	19,88 a	5,76 b	9,98 b	12,6 b
E*H	1	32,54 b	20,65 a	7,37 ab	15,14 ab	24,29 a
	2	32,53 b	20,65 a	7,38 ab	15,13 ab	24,29 a
	3	32,55 b	20,63 a	7,37 ab	15,15 ab	24,29 a
D*E	1	34,82 ab	18,65 a	8,55 ab	19,75 ab	18,22 ab
	2	34,84 ab	20,63 a	8,54 ab	19,76 ab	18,2 ab
	3	34,85 ab	18,65 a	8,55 ab	19,72 ab	18,21 ab
H*D	1	38,92 ab	22,55 a	5,47 b	15,55 ab	17,5 ab
	2	38,95 ab	22,55 a	5,46 b	15,54 ab	17,49 ab
	3	38,96 ab	22,52 a	5,43 b	15,55 ab	17,53 ab
D*E*H	1	32,74 b	22,35 a	8,84 ab	17,64 ab	18,41 ab
	2	32,75 b	22,34 a	8,82 ab	17,65 ab	18,41 ab
	3	32,75 b	22,32 a	8,86 ab	17,65 ab	18,41 ab
F _{cal}		148,06**	326,45**	149,15**	361,77**	233,25**
P _{cal}		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P _{théor}		≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha < 0,01$ selon le test de Tuckey.

ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative, Cal = calculer, théor = théorique. 1 = dose1 = 500 kg.ha⁻¹; 2 = dose 2 = 1000 kg.ha⁻¹; et 3 = dose 3 = 1500 kg.ha⁻¹. ; D = *Donax sp.*; E = *Achatina sp.* et H = *Ostrea sp.*

De plus, selon Bortoluzzi et Tessier (2002), le calcium influence énormément les propriétés physiques du sol; il fait l'objet de fortes attractions par des sites chargés, à l'échelle des particules d'argiles notamment. De même, Bortoluzzi et Tessier (2002) constatent que les apports calciques engendrent une plus grande porosité. En effet, en agissant comme liant des agrégats du sol, la fraction argileuse et la matière organique assurent la cohésion des agrégats et l'adhésion avec les autres

agrégats, dans l'édification de la structure et de la porosité du sol (Yemefack et al, 2004). Les faibles teneurs d'azote et de carbone des sols obtenus dans les différents traitements, favorisent la baisse du niveau de la matière organique. Ainsi, la majeure partie de la matière organique, peu minéralisée, associée aux particules argilo-limoneuses, concourt à l'élévation des valeurs de la somme des bases échangeables et de la capacité d'échange cationique du sol.

Tableau 3 : Evolution de l'acidité et de la matière organique du sol traité avec des quantités variables de coquilles de trois organismes.

Traitements		Acidité d'échange (cmol.kg ⁻¹)			Matière organique (g.kg ⁻¹)		
		pH eau	pH KCl	Al ³⁺	MO	N	C/N
Aucun apport	Avant	5,6 b	5,3 b	1,7 a	2,67 b	0,20 b	7,69 a
	Après	5,6 b	5,3 b	1,2 a	2,64 b	0,21 b	6,34 b
E	1	6,6 a	6,4 a	0,02 b	5,01 a	0,15 b	8,31 b
	2	6,3 a	5,7 a	0,01 b	2,81 b	0,13 b	12,59 a
	3	6,1 a	5,8 a	0,01 b	2,61 b	0,13 b	11,97 a
H	1	6,2 a	5,7 a	0,01 b	4,00 a	0,22 a	10,60 a
	2	6,5 a	5,9 a	0,01 b	4,33 a	0,21 a	11,85 a
	3	6,2 a	5,8 a	0,01 b	2,79 b	0,27 a	9,58 b
D	1	6,5 a	0,2 a	0,01 b	3,97 b	0,25 a	9,24 b
	2	6,4 a	5,9 a	0,01 b	3,57 b	0,23 a	9,05 b
	3	6,2 a	5,8 a	0,01 b	2,23 b	0,22 a	10,88 a
E*H	1	6,2 a	5,8 a	0,02 b	3,91 a	0,19 b	11,80 a
	2	6,1 a	5,6 a	0,02 b	3,88 a	0,16 b	13,55 a
	3	6,2 a	5,8 a	0,02 b	3,89 a	0,18 b	12,65 a
D*E	1	6,4 a	5,8 a	0,01 b	4,08 a	0,28 a	8,48 b
	2	6,3 a	5,6 a	0,01 b	4,04 a	0,27 a	8,20 b
	3	6,4 a	5,7 a	0,01 b	4,05 a	0,27 a	8,01 b
D*H	1	6,5 a	6,1 a	0,01 b	3,55 b	0,24 a	8,51 b
	2	6,6 a	6,1 a	0,01 b	3,56 b	0,28 a	7,39 b
	3	6,6 a	6,2 a	0,01 b	3,58 b	0,31 a	6,59 b
E*H*D	1	6,2 a	5,8 a	0,01 b	4,58 a	0,28 a	9,52 b
	2	6,2 a	6,2 a	0,01 b	4,53 a	0,27 a	9,77 b
	3	6,3 a	5,9 a	0,01 b	4,58 a	0,27 a	9,65 b
F		147,61**	12,77**	457,54**	253,44**	80,74**	29,02**
P		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P		≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha = 0,01$ selon le test de Tuckey.

ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative, Cal = calculer, théor = théorique. 1 = dose 1 = 500 kg.ha⁻¹; 2 = dose 2 = 1000 kg.ha⁻¹; et 3 = dose 3 = 1500 kg.ha⁻¹. MO = Matière Organique; D = *Donax sp.*; E = *Achatina sp.* et H = *Ostrea sp.*

Ces résultats sont en accord avec ceux de Pallo et al. (2008), dans des sols de la zone du Sud-soudanienne au Burkina Faso. Les amendements calciques modifient la dynamique de l'azote; ce qui favorise une variation du pH et provoque une accélération de l'activité de la biomasse microbienne, une amélioration de la mise à disposition de la matière organique aux micro-organismes du sol conduisant à une minéralisation accrue de l'azote (Fabre et Kockmann, 2006). L'augmentation du rapport C/N des sols issus

des différents traitements, dont l'une des conséquences est la minéralisation rapide de la matière organique par stimulation de l'activité biologique (Elberling et al., 2003), induit une excellente stabilité structurale, une bonne perméabilité et une forte porosité; ce qui entraîne la baisse de la densité apparente du sol, l'expression de la structure et de la porosité du sol, en particulier l'agrégation et l'adhésion de ce sol (Garnier-Sillam et al, 1985).

Tableau 4 : Evolution du complexe sorbant, du phosphore et des oligo-éléments du sol traité avec des quantités variables de coquilles de trois organismes.

Traitements		Complexe sorbant (cmol.kg ⁻¹)					Phosphore (mg.kg ⁻¹)		Oligo-éléments (g.kg ⁻¹)	
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	CEC	P ₂ O _{5t}	P ₂ O _{5 ass}	Fe	Mn
Aucun apport	Avant	5,66 b	3,03 a	0,33 b	0,38 a	32,64 b	306,333	30,6667	27 ab	6,66 b
	Après	5,67 b	2,99 a	0,37 b	0,38 a	32,51 b	310,000	33,0000	25 ab	8,66 b
E	1	8,45 a	3,13 a	0,77 a	0,13 ab	88,2 a	1185,33a	126,66 a	11 ab	15 b
	2	5,28 b	3,25 a	0,32 b	0,22 a	46,01 b	573,667	57,0000	28 ab	104 a
	3	6,37 ab	3,25 a	0,31 b	0,14 ab	55 b	607,333	54,3333	19 ab	33 ab
H	1	5,95 b	2,92 b	0,28 b	0,12 ab	48,01 b	658,000	56,0000	28 ab	68 ab
	2	6,55 ab	3,28 a	0,58 ab	0,11 ab	50,01 b	668,000	55,6667	14 b	25 ab
	3	6,58 ab	3,42 a	0,55 ab	0,12 ab	63,29 a	715,333	66,0000	16 b	45 ab
D	1	6,53 ab	3,15 a	0,33 b	0,23 a	50,03 b	303,333	57,3333	16 b	18 b
	2	6,65 ab	3,69 a	0,75 a	0,2 a	57,07 b	286,667	82,3333	25,33 ab	27 ab
	3	7,18 a	3,89 a	0,38 b	0,23 a	58,23 b	455,667	56,0000	27 ab	8 b
E*H	1	5,88 b	3,45 a	0,26 b	0,14 ab	46,64 b	764,333	67,6667	26,33 ab	55 ab
	2	5,86 b	3,46 a	0,29 b	0,11 ab	46,64 b	761,000	64,6667	24,66 ab	57 ab
	3	5,9 b	3,5 a	0,32 b	0,12 ab	46,66 b	758,000	66,0000	26,33 ab	56 ab
D*E	1	6,86 ab	3,26 a	0,53 ab	0,12 ab	59,1 b	337,333	63,3333	38 a	38 ab
	2	6,84 ab	3,27 a	0,52 ab	0,18 ab	59,7 b	332,333	62,6667	34,66 a	34 ab
	3	6,88 ab	3,29 a	0,49 ab	0,24 a	58,86 b	333,667	65,6667	36,66 a	37 ab
D*H	1	7,28 a	3,56 a	0,82 a	0,08 b	43,40 b	573,000	64,0000	14 b	36 ab
	2	7,27 a	3,54 a	0,80 a	0,09 b	43,51 b	576,000	65,0000	16 b	37,3 ab
	3	7,28 a	3,54 a	0,79 a	0,11 ab	43,38 b	579,000	65,3333	16,66 b	37,6 ab
E*H*D	1	7,06 a	3,24 a	0,21 b	0,013 b	41,26 b	471,000	34,6667	28 ab	26 ab
	2	7,02 a	3,22 a	0,24 b	0,014 b	41,36 b	472,000	35,0000	26 ab	28 ab
	3	7,01 a	3,26 a	0,18 b	0,04 b	41,33b	468,000	33,6667	24 ab	27,3 ab
F		526,5**	420,3**	122,1**	196,3**	792,4**	201,69**	400,10**	65,27**	831,4**
P		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
P		≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01	≤ 0,01

Les moyennes affectées d'une même lettre dans une même colonne ne sont pas significativement différentes au seuil $\alpha = 0,01$ selon le test de Tuckey. ns = non significative; * = significative; ** = hautement significative et *** = très hautement significative, Cal = calculer, théor = théorique. 1 = dose 1 = 500 kg.ha⁻¹; 2 = dose 2 = 1000 kg.ha⁻¹; et 3 = dose 3 = 1500 kg.ha⁻¹; D = *Donax sp.*; E = *Achatina sp.* et H = *Ostrea sp.*

CONCLUSION

Cette étude montre l'importance de l'utilisation des quantités variables des broyats des coquilles des trois organismes sur les propriétés des fluvisols gleyiques de Toumbokro en vue d'accroître durablement le rendement des cultures. Les résultats ont montré que les produits coquilliers issus de *Ostrea sp.* seraient plus

convenables à l'amélioration des propriétés physiques et chimiques des fluvisols gleyiques aux doses de 1000 et 1500 kg.ha⁻¹. Cependant l'accès aux coquilles de *Achatina sp.* paraît plus facile pour les agriculteurs, par rapport aux coquilles de *Ostrea sp.* et *Donax sp.* Il convient donc, de rechercher une meilleure formulation

de ces broyats de coquilles pour un amendement approprié et économiquement rentable par rapport aux

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Nangah Krogba Yves, Yao Guy Fernand et N'guetta Adélaïde, Etudiants en Thèse des Sciences de la Terre et des Ressources Minières, pour

différents types de sols en Côte d'Ivoire.

leur contribution significative à la réalisation de ce travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aboua F, 1990. Chemical composition of *Achatina fulica*. Tropicultura, Brussels, vol.8, n. 3, pp. 121-122.
- Barthès B. et Roose E, 2001. La stabilité de l'agrégation, un indicateur de la sensibilité des sols au ruissellement et à l'érosion : validation à plusieurs échelles. Cahiers Agricultures. 10 :185-193.
- Bigorre T, Tessier D, Pedro G, 2002. Contribution des argiles et des matières organiques à la rétention de l'eau dans les sols. Signification et rôle fondamental de la capacité d'échange cationique. C-R. Acad. Sci. Paris, 330, 1-6.
- Blanchart E, Albercht A, Brown G G, Decaëns T, Duboisset A, Lavelle P, Mariani L, Roose E, 2005. Effects of tropical endogeic earth worms on soil erosion: Agriculture, Ecosystems and Environment, 104: 303-315.
- Bortoluzzi EC, et Tessier D, 2002. La pratique du chaulage en système de semis direct : une expérience au Sud du Brésil (Rio grande do sul), EGS, Vol 9 (3) : 187-196.
- Breman H, 1998. "Amélioration de la fertilité des sols en Afrique de l'Ouest: Contraintes et perspectives." In: G. Renard, A. Neef, K. Becker and M. von Oppen (eds). Soil fertility management in West African land use systems, Margraf Verlag, Weikersheim, pp. 7-20.
- Brou YT, 2005. Climat, mutations socio-économiques et paysages en Cote d'Ivoire. Mémoire de synthèse des activités Scientifiques présenté en vue de l'obtention de l'habilitation à diriger des recherches .Université des Sciences et Technologies de LILLE, 212 p.
- Debuysse-Pernes A et Tessier D, 2002. Influence du pH sur les propriétés des sols: l'essai de longue durée des 42 parcelles à Versailles Revue des sciences de l'eau / Journal of Water Science, vol. 15, numéro hors série, p. 27-39.
- Elberling B, Touré A, Rasmussen K, 2003. Changes in soil organic matter following groundnut-millet cropping at three locations in semi-arid Sengal, West Africa. Agriculture, Ecosystems and Environment, 96, pp. 37-47.
- Fabre B, et Kockmann F, 2006. Les effets du chaulage sur les prairies permanentes ou de longue durée. Synthèse bibliographique. Fourrages 185, 103-122.
- FAO, 2003. Gestion de la fertilité des sols pour la sécurité alimentaire en Afrique subsaharienne, Rome, ISBN 92-5-204563-5.
- Garnier-Sillam E, G. Villemin, F. Toutain, et J. Renoux, 1985. Formation de micro-agrégats organo-minéraux dans les fèces de termites. C.R. Acad. Sci. 301, série III : 213-218.
- Gnahoua G M, 2004. Contribution des légumineuses à la régénération des jachères : Intérêts et limites des arbres fixateurs d'azote en zone forestière de Côte d'Ivoire. Thèse de doctorat Ingénieur, Option Agronomie ; Université de Cocody-Abidjan, Côte d'Ivoire, 142 p.
- Koné W A, 2009. Qualité des sols en zone de savane humide de Côte d'Ivoire : Utilisation des légumineuses herbacées comme alternative pour une valorisation des terres marginales et une agriculture durable. Thèse unique de doctorat de l'Université d'Abobo-Adjamé, 196 p.
- Mehlich A, 1984 Mehlich-3 soil test extractant: a modification of Mehlich-2 extractant. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 15(12):1409-1416.
- Ouédraogo S, Millogo S M-C, 2007. Système coutumier de tenure des terres et lutte contre la désertification en milieu rural au Burkina Faso. Natures Sciences Sociétés 15 : 127-139.
- Pallo F J P, Sawadogo N, Sawadogo L, Sedogo M P, Assa A, 2008. Statut de la matière organique des sols dans la zone du Sud-soudanienne au Burkina Faso. B.A.S.E, 12 (3): 291-301.
- Philip A. M, David B, 2009. Metrics for Nitrate Contamination of Ground Water at CAFO

- Land Application Sites - Arkansas Dairy Study. Office of Research and Development National Risk Management Research Laboratory, Ada, Oklahoma 74820. -EPA 600/R 09/044. 29p.
- Sawadogo H, Bock L, Lacroix D, Zombré N P, 2008. Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso) Biotechnol. Agron. Soc. Environ. 12(3): 279-290.
- Walkley, A, and I.A. Black, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining organic carbon in soils: Effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. Soil Sci. 63: 251-263.
- Yemefack M, Nounamo L, Rosaline N, Bilong P, 2004. Influence des pratiques agricoles sur la teneur en argile et autres propriétés agronomiques d'un sol ferrallitique au sud Cameroun TROPICULTURA 22 (1): 3-10.
- Yemefack M, et Nounamo L, 2000. Dynamique des sols et durée optimale de jachères agricoles au Sud Cameroun, pp 135-141. *In*: La jachère en Afrique Tropicale. Rôle, aménagement, alternatives, Ch. Floret et R. Pontanier. Eds. John Libbey Eurotext, Paris, 803p.