



Effets de la fertilisation aux lombricomposts sur les paramètres agronomiques du riz irrigué

N'DEPO Stanislas^{1*}, CHERIF Mamadou²

¹Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan, Laboratoire agro-physiologie et phytopathologie 01 BP V 34 Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

²Laboratoire de Physiologie Végétale de l'Université Félix Houphouët Boigny d'Abidjan, 01 BP V 34 Cocody, Abidjan, Côte d'Ivoire

*Auteur correspondant : s.ndepo@yahoo.fr; Tél. : +2250545729074

Mots clés : fertilisant organique, lombricomposts, engrais minéral, petits producteurs, riz irrigué.

Keywords: organic fertilizer, vermicomposts, mineral fertilizer, small producers, irrigated rice.

Submitted 23/01/2026, Published online on 31st March 2026 in the *Journal of Animal and Plant Sciences (J. Anim. Plant Sci.)* ISSN 2071– 7024

1 RESUME

Dans l'optique de trouver des solutions alternatives à la problématique de cherté des engrais minéraux, en Afrique subsaharienne, notamment, en Côte d'Ivoire, dans la culture du riz irrigué, trois (3) formules de lombricomposts produites localement à partir de composts ont été testées en sachets à différentes doses (2,5 % ; 5 % ; 10 % et 25 %) en comparaison avec un engrais minéral et un témoin absolu (sans lombricompost et engrais minéral). Le dispositif expérimental utilisé à cet effet est un bloc complet randomisé à un facteur (fertilisation) avec quatorze traitements et trois répétitions (Blocs). Les observations et mesures ont porté sur le tallage, les talles productives, le poids grain des épis, la biomasse sèche aérienne et la biomasse sèche racinaire. Globalement, les lombricomposts ont impacté positivement l'ensemble des paramètres étudiés. Ainsi, ils ont à la dose 2,5 % équilibré l'engrais minéral (5,71 Tonnes) et l'ont surpassé aux doses de 5 %, 10 % et 25 % avec des rendements estimés à l'hectare allant de 6,72 à 13,92 Tonnes. Au plan socio-économique, l'utilisation du lombricompost assure la sécurité alimentaire en augmentant les rendements de riz et favorise une agriculture durable par l'amélioration de la fertilité des sols, la valorisation des déchets organiques, la réduction des impacts environnementaux et des coûts de production agricole et partant l'amélioration du revenu du producteur.

ABSTRACT

With the aim of finding alternative solutions to the problem of high mineral fertilizer prices in sub-Saharan Africa, particularly in Côte d'Ivoire for irrigated rice, three (3) locally produced vermicompost formulas from vermicompost were tested in pots (bags) at different doses (2.5%; 5%; 10% and 25%) in comparison with a mineral fertilizer and an absolute control (without vermicompost and mineral fertilizer). The experimental design used for this purpose was a randomized complete block design with one (01) factor (fertilization) with fourteen (14) treatments and three (03) replicates (blocks). The observations and measurements focused on tillering, productive tillers, grain weight of ears corn, above-ground dry biomass and root dry biomass. Overall, vermicomposts had a positive impact on all the parameters studied. Thus, at the 2.5% dose they balanced the mineral fertilizer (5.71 Tons) and surpassed it at the 5%, 10% and 25% doses with estimated yields per hectare ranging from 6.72 to 13.92 Tons. From a socio-economic perspective, the use of vermicompost ensures food



security by increasing rice yields and promotes sustainable agriculture by improving soil fertility, valorizing organic waste, reducing environmental impacts and agricultural production costs, and consequently improving producer income.

2 INTRODUCTION

Le raccourcissement, voire la disparition des jachères sous l'effet de la pression démographique et de l'intensification agricole entraîne une dégradation progressive des sols, caractérisée par une baisse de la fertilité, une diminution de la matière organique et une accentuation de l'érosion. En effet, la jachère joue un rôle essentiel dans la restauration des cycles biogéochimiques et de la structure du sol. Sa réduction perturbe, ainsi ces processus et compromet la durabilité des systèmes de production agricole (Feller *et al.*, 2012 ; Floret et Pontanier, 2000 ; Lal, 2003). En Côte d'Ivoire, le riz occupe une place essentielle dans les habitudes alimentaires urbaines et rurales (Doumbia et Depieu, 2014 ; Kotchi *et al.*, 2018). De ce fait, la production locale de riz paddy doit augmenter significativement afin de répondre à la demande accrue de riz pour la consommation. La consommation moyenne est estimée à environ 84 kg par habitant et par an, ce qui en fait un aliment de base incontournable. La production nationale a connu une progression notable ces dernières années, passant d'environ 900 000 Tonnes entre 2010-2015 à 1,55 million de tonnes en 2024 (Aderiz, 2022). Malgré cette augmentation, la production reste insuffisante pour couvrir les besoins nationaux, estimés entre 2,5 et 2,8 millions de tonnes, ce qui entraîne une forte dépendance aux importations. Le rendement national du paddy est de 2,3 T Ha⁻¹ pour tous les systèmes (riz en haute terres, riz inondé et riz irrigué) de production de riz paddy combinés (Saito *et al.*, 2019), tandis que les rendements moyens par hectare dans certains pays de la sous-région tels que le Mali varient de 5,6 T Ha⁻¹ à 6,7 T Ha⁻¹ (Mariko *et al.*, 2019). Des travaux de recherche ont également rapporté que la faible adoption de la technologie agricole (semences améliorées, irrigation, engrais, mécanisation etc.) est l'une des raisons de cet écart de rendement (Bizima et

Richardson, 2019). En effet, ce faible niveau d'application des nouvelles technologies agricoles par les riziculteurs ivoiriens reste problématique. Par exemple, Doumbia et Depieu (2014) ont constaté que la quantité moyenne d'engrais utilisée est de 89 Kg Ha⁻¹ et 80 kg Ha⁻¹ respectivement pour le NPK et l'urée. Cette quantité est inférieure aux doses recommandées (300 Kg Ha⁻¹) (Gala Bi *et al.*, 2011). Doumbia et Depieu (2014) ont fait remarquer que seulement 20% des riziculteurs respectaient l'application des quantités d'engrais minéraux recommandée par les services de vulgarisation agricoles. Par ailleurs, le coût des engrais minéraux est élevé et représente 21% du coût total de production de riz paddy (Jica, 2013). La fertilité des sols est considérée comme la principale contrainte biophysique de la productivité des cultures (Affholder *et al.*, 2010 ; Rochecouste *et al.*, 2015). Pour y remédier, la fertilisation se fait par des apports d'engrais minéraux (Garin, 1983), et des restitutions de résidus de distillation plus ou moins compostés. Ainsi, l'utilisation d'engrais (organiques et / ou minéraux) a été fortement encouragée dans de nombreuses régions en Afrique Sub-Saharienne pour augmenter la production agricole (Vanlauwe *et al.*, 2014). Cependant, les opportunités d'intensification par le biais des engrais (organiques et / ou minéraux) restent limitées du fait des difficultés des agriculteurs à acheter les engrais minéraux en raison des prix élevés sur le marché, le risque et l'accès limité au crédit (Tittonell et Giller, 2013 ; Khonje *et al.*, 2015). Cette contrainte majeure de cherté des engrais minéraux (Mc Intire, 1986 ; Stoorvogel et Smaling, 1990 ; Useni *et al.*, 2012) entraîne au niveau des exploitations agricoles, des fertilisations en dessous des doses recommandées ou le cas échéant leurs suppressions. Par ailleurs, en condition de stress hydrique (sécheresse), l'apport même d'engrais



minéraux aux doses optimales initialement recommandées constitue de nos jours une pratique à hauts risques parce que provoquant des effets dépressifs sur les cultures. En outre, les résultats de Guiraud (1984) ont montré que seulement 50% de l'azote-engrais apporté sont absorbés par les cultures, 25% immobilisés temporairement dans le sol et 25% volatilisés, dénitrifiés ou lessivés contribuant ainsi à la pollution des aquifères. Face à cette contrainte majeure de la production, il devient nécessaire de rechercher des alternatives à la nutrition continue des cultures, notamment, les fertilisants organiques, tels que le lombricompost, produits localement à partir de vers de terre et matières organiques (résidus de récoltes, effluents

d'élevage, issus de meuneries) plus proches et accessibles aux producteurs. Pendant, le processus de vermicompostage, les vers de terre et les micro-organismes de concert, modifient les propriétés chimiques des déchets initiaux et rendent plus disponibles ces éléments nutritifs dans le produit final (Bhat *et al.*, 2017 ; Suthar *et al.*, 2014). C'est dans ce cadre, qu'un essai de fertilisation à base de lombricompost a été conduit sur du riz irrigué en station. L'objectif de cette étude est d'évaluer l'effet de la fertilisation au lombricompost sur la croissance et le rendement du riz irrigué. Plus spécifiquement, il s'est agi de comparer ces fertilisants organiques à l'engrais minéral recommandé et d'évaluer les doses efficaces pour la production du riz.

3 MATERIEL ET METHODES

3.1 Matériel : Le matériel végétal utilisé est la variété de riz irriguée CY2 de quatrième génération (G4). Elle appartient à l'espèce *Oriza indica*. Cette variété est originaire de la Chine et a un cycle moyen de 120 jours. Son rendement moyen en paddy est de 5 T/Ha (Aderiz, 2015).

3.2. Méthodes

3.2.1. Site de l'étude : L'expérimentation a été conduite sur le site du projet de Promotion de Riz Local (PRORIL) situé à Yamoussoukro au quartier Nanan (N 06°46.433'de latitude Nord, W 005°14.214'de longitude et 216 m d'altitude). Dans cette zone, le climat est de type tropical, et on y rencontre une période très chaude et sèche de novembre à février et une autre pluvieuse de mars à octobre et la température moyenne annuelle oscille entre 25,7 °C et 28,9 °C.

Les précipitations annuelles cumulent à 1175 millimètres et elles sont donc assez abondantes. Le mois le moins pluvieux est janvier avec 15 mm et juin est le mois le plus pluvieux avec 165 mm. L'insolation moyenne annuelle est de 2150 heures.

3.2.2. Dispositif expérimental et traitements étudiés : Le dispositif expérimental (Tableau 1, photo 1) utilisé pour les essais lombricomposts est un bloc complet randomisé, à un (01) facteur (fertilisation), trois (03) répétitions (Blocs) et quatorze (14) traitements, soit 42 observations. Les quatorze traitements sont : T0 ; T1 ; T2 (2,5%) ; T2 (5%) ; T2 (10%) ; T2 (25%) ; T3 (2,5%) ; T3 (5%) ; T3 (10%) ; T3 (25%) ; T4 (2,5%) ; T4 (5%) ; T4 (10%) et T4 (25%).

Tableau 1 : Dispositif expérimental (Bloc complet randomisé)

BLOC 1	T3 2,5%	T3 10%	T4 5%	T4 10%	T4 2,5%	T1	T3 5%	T2 10%	T0	T2 2,5%	T4 25%	T2 5%	T3 25%	T2 25%
BLOC 2	T3 10%	T3 25%	T2 5%	T3 5%	T2 2,5%	T4 10%	T2 25%	T2 10%	T1	T3 2,5%	T4 25%	T0	T4 2,5%	T4 5%
BLOC 3	T2 5%	T2 2,5%	T3 2,5%	T2 10%	T0	T2 25%	T4 10%	T3 5%	T3 25%	T1	T3 10%	T4 2,5%	T4 5%	T4 25%

T0 : témoin absolu (sans engrais minéral et fertilisants organiques) ;

T1 : engrais minéral ; T2 : lombricompost formule 1 ; T3 : lombricompost formule 2 ; T4 : lombricompost formule 3.



Photo1 : Dispositif bloc complet randomisé

3.2.3. Fertilisants utilisés

3.2.3.1. Engrais minéral : L'engrais minéral utilisé est $\text{NPKSO}_3\text{MgOCaO}$ de composition N (12%) – P_2O_5 (22%) – K_2O (22%) SO_3 (2%) – MgO (1%) et CaO (5%).

3.2.3.2. Lombricomposts (L1, L2 et L3) : Les lombricomposts ont été initiés à partir de trois (3) composts, dont la durée de compostage a été de huit (8) semaines. La durée du lombricompostage a été de 70 jours avec ajout de pelure sèche de banane dessert et d'épluchures de concombre pour les trois (3) formulations.

Les formules des composts ayant servi à produire l'équivalent lombricomposts sont les suivantes :

C1: Fumier de poulets de chair (82,3%) + Paille de riz (17,7%) ;

C2: Fumier de poulets de chair (71%) + Paille de riz (15,3%) + *Pennisetum giganteum* *z. x. lin* (13,7%) ;

C3: Fumier de poulets de chair (51%) + Balle de riz broyé (5%) + *Pennisetum giganteum* *z. x. lin* (44%).

3.2.4. Conduite de l'essai

3.2.4.1. Traitement de la semence : La variété de riz CY2 de 4^{ème} génération (G4) utilisée pour l'expérimentation a été sélectionnée dans un premier temps dans une solution saline obtenue par dilution de 2 Kg de sel de cuisine dans 10 L d'eau. Elle a été par la suite désinfectée à l'eau chaude (60 C) pendant 10 mn pour éliminer les éventuels pathogènes.

3.2.4.2. Pépinière et repiquage: La semence a été trempée 24 heures puis prégermée à l'ombre sous paille pendant 48 heures. Les graines prégermées ont été semées dans des alvéoles dédiés (pépinière) le trois décembre 2021. Les plants ont été repiqués le 18^{ème} jour après semis, à raison d'un brin par sachet le vingt décembre 2021. Le sol utilisé pour la pépinière et le repiquage, est de la boue prélevée dans un casier de production de riz irrigué du périmètre de Nanan. Ce sol extrait a été séché à l'ombre pendant 30 jours avant d'être utilisé pour l'expérimentation. Une partie a été prélevée pour les analyses granulométrique et chimique au laboratoire.

3.2.4.3. Composition des substrats : Les compositions des substrats des différents traitements sont indiquées dans le Tableau 2.

Tableau 2 : Compositions des substrats des traitements

T0 : sol sans engrais minéral et organique (5000 g);	T3-5% : Lombricompost (250 g) + sol (4750 g);
T1 : engrais minéral (NPKSO ₃ MgOCaO) + 5000 g de sol ;	T3-10% : Lombricompost (500 g) + sol (4500 g) ;
T2-2,5% : Lombricompost (125 g) + sol (4875 g) ;	T3-25% : Lombricompost (1250 g) + sol (3750 g) ;
T2-5% : Lombricompost (250 g) + sol (4750 g) ;	T4-2,5% : Lombricompost (125 g) + sol (4875 g) ;
T2-10% : Lombricompost (500 g) + sol (4500 g) ;	T4-5% : Lombricompost (250 g) + sol (4750 g) ;
T2-25% : Lombricompost (1250 g) + sol (3750 g) ;	T4-10% : Lombricompost (500 g) + sol (4500 g) ;
T3-2,5% : Lombricompost (125 g) + sol (4875 g) ;	T4-25% : Lombricompost (1250 g) + sol (3750 g).

3.2.4.4 Suivi : Le 7^{ème} jour après le repiquage (JAR), tous les plants ont été traités au Furadan en raison de 1g/plant et par sachet. Puis, un deuxième traitement a été effectué sur les plants au 46^{ème} JAR.

Au 19^{ème} JAR, le premier apport d'urée en raison de 0,31 g/plant/sachet a été appliqué aux plants devant le recevoir.et, le 2^{ème} apport d'urée a été fait au 47^{ème} JAR.

Les plants ont reçu 1 litre par jour, à raison de 0,5 litre le matin et 0,5 litre le soir. Cet apport d'eau a été interrompu au 109^{ème} jour après repiquage et la récolte a été fait 120 jours après repiquage, soit au 138^{ème} jour à partir de la pépinière.

Un traitement insecticide au K-optimal, en raison de 5 ml/litre d'eau a été fait au niveau des plants au 21^{ème} JAR.

3.2.4.5 Mesures effectuées: Durant de l'expérimentation, les nombres de talles (NI) et de talles productives (NTP) ont été comptés sur chaque plant de riz à la récolte. Chaque épi a par la suite été battu manuellement afin de recueillir les grains des riz. Ensuite, ces grains de riz ont été séchés au soleil pendant trois jours, puis pesés pour déterminer le poids grain (PG) en grammes. Apres le battage, la biomasse aérienne de chaque plant a été coupée en petits morceaux

à l'aide d'un sécateur puis séchée au soleil pendant deux semaines et pesée pour déterminer la biomasse sèche aérienne (BMSA). Quant aux biomasses racinaires, elles ont été extraites des sachets par lavage à l'eau du robinet puis séchées au soleil pendant deux semaines et pesées pour déterminer la biomasse sèche racinaire (BMSR). Les différentes pesées ont été effectuées à l'aide d'une balance électronique de portée 500 grammes, de sensibilité 0,05 gramme et d'incertitude 0,01 gramme. Le rendement paddy a été estimé à partir de la géométrie de semis (25 cm X 25 cm) pour une population de 160 000 plants à l'hectare.

La formule est :

Rendement estimé (T/Ha)

= masse moyenne de grains par plant (T) X nombre de plants par hectare.

3.2.5. Analyses Statistiques : Les données collectées ont été traitées avec le tableur Excel et les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel STATISTICA Six Sigma. Les moyennes ont été comparées avec le Test de Newman Keuhls, au seuil de confiance de 95% et le test d'homogénéité a été fait selon la méthode de LSD Fisher.



4. RESULTATS

Les résultats ont mis en exergue les effets globaux de la fertilisation minérale et des lombricomposts d'une part et ceux des doses des traitements lombricomposts sur les paramètres étudiés d'autre part.

4.1. Composition chimique des lombricomposts : Les lombricomposts ont été analysés au laboratoire de pédologie de l'École Supérieure d'Agronomie de Yamoussoukro en Côte d'Ivoire. Les résultats de cette analyse chimique sont consignés dans le Tableau 3. Il en ressort que le cadmium constitue le seul paramètre ayant présenté une concentration moyenne (10,74 ppm) supérieure aux limites prescrites par la norme européenne (3 ppm).

4.2. Granulométrie et bilan chimique du sol

4.2.1. Granulométrie : Les résultats de l'analyse granulométrique indiquent que la fraction argileuse représente 26,25 %, tandis que les fractions de limon fin et de limon grossier s'élèvent respectivement à 15,05 % et 12,03 %. Les fractions sableuses sont composées de 23,01 % de sable fin et de 21,3 % de sable grossier.

4.2.2. Bilan chimique : L'analyse chimique du sol révèle un pH légèrement acide, évalué à 6,6. La teneur en carbone organique est de 1,37 %, correspondant à une matière organique de 2,36 %. La teneur en azote total est relativement faible, avec une valeur de 0,08 %. En ce qui concerne les éléments nutritifs majeurs, la concentration en phosphore assimilable (P_2O_5) est de 148,92 ppm. Les bases échangeables présentent des teneurs de 2,10 Cmol/kg pour le calcium (Ca^{2+}), 0,97 Cmol/kg pour le magnésium (Mg^{2+}), 0,18 Cmol/kg pour le potassium (K^+) et 0,59 Cmol/kg pour le sodium

(Na^+). S'agissant des éléments traces, les teneurs sont de 2,4 ppm pour le fer (Fe), 1,03 ppm pour le manganèse (Mn), 3,71 ppm pour le cuivre (Cu) et 0,80 ppm pour le zinc (Zn). Concernant les éléments potentiellement toxiques, les concentrations mesurées sont de 0,72 ppm pour le cadmium (Cd), 0,05 ppm pour le chrome (Cr) et 0,02 ppm pour le plomb (Pb).

4.3. Effets globaux des traitements : L'analyse de variance a révélé que les lombricomposts ont eu un effet hautement significatif ($P = 0,00$) sur tous les paramètres étudiés (Tableau 4). Les traitements lombricomposts (T2, T3 et T4) ont suscité un meilleur tallage, induit un plus grand nombre de talles, une plus grande production de grains par épis, de biomasse aérienne et racinaire comparativement au T0 (témoin absolu) et T1 (engrais minéral). Pour le tallage, les lombricomposts T2 (27,91 talles), T3 (32,66 talles) et T4 (30,5 talles) ont montré des valeurs moyennes plus élevées que l'engrais minéral (23,33 talles) et le témoin absolu (18,66 talles) avec un pic observé au niveau du traitement T3. Cette tendance a été observée au niveau du nombre de talles productives avec un pic pour le traitement T4 (28,91 talles productives). Au niveau du poids des grains par épis, les traitements lombricomposts ont enregistré une moyenne de 59,51 g comparativement au T0 (35,15 g) et T1 (35,66 g). Quant à la biomasse sèche aérienne, les traitements lombricomposts T3 (74,36 g) et T4 (70,45 g) ont enregistré les valeurs les plus élevées. Enfin, des valeurs élevées de biomasse racinaire sèche ont été observées au niveau du traitement engrais T1 (39,61 g) et lombricompost T4 (38,54 g).

**Tableau 3** : Composition chimique des lombricomposts

	pH	C/N	COND	% MB					% MS				Oligo-éléments (ppm)							
				C	N	Hum	MO	MS	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	Mn	Fe	Cu	Na	Zn	Cr	Cd	Pb
L1	7,01	18,22	47,93	37,10	2,04	63,93	63,81	35,96	0,99	1,71	1,74	0,45	6,18	9,03	12,02	8,31	9,42	9,08	9,48	8,84
L2	6,72	17,72	51,12	37,74	2,17	64,82	64,92	35,18	0,93	1,83	1,86	0,49	3,77	8,4	12,15	10,49	10,09	10,62	11,17	9,01
L3	6,57	17,41	47,32	39,11	2,51	67,13	67,26	32,87	0,81	1,83	1,88	0,50	4,24	7,97	14,01	13,08	11,27	9,62	11,58	9,13
Norme UF 44-051				> 8	< 3		>= 20	>= 30	< 3	< 3					300		600	330	3	180

L1 (lombricompost 1), L2 (lombricompost 2), L3 (lombricompost 3), Proba (Probabilité), MB (matière brute), MS (matière sèche), ppm (partie par million), pH (potentiel hydrique eau), C/N (rapport carbone azote), COND (conductivité électrique), C (Carbone), N (Azote total), Hum (Humidité), MO (matière organique), MS (Matière Sèche), P₂O₅ (Anhydride potassique), K₂O (Oxyde de potassium), CaO (Oxyde de calcium), MgO (Oxyde de magnésium), Mn (Manganèse), Fe (Fer), Cu (cuivre), Na (Sodium), Zn (Zinc), Cr (Chrome), Cd (Cadmium), Pb (Plomb).

Tableau 4 : Effets globaux des traitements

Traitements	Nombre de talles	Nombre de talles productives	Poids des grains/épis (g)	Biomasse sèche aérienne (g)	Biomasse sèche racinaire (g)
T0	18,66 c	18,66 a	35,15 b	39,77 c	25,94 b
T1	23,33 d	22,00 a	35,66 b	55,01 b	39,61 a
T2	27,91 a	26,50 b	63,02 a	64,34 ab	31,14 bc
T3	32,66 b	31,58 c	59,32 a	74,36 a	37,73 ac
T4	30,50 ab	28,91 bc	56,42 a	70,45 a	38,54 a
Probabilité (P<0,05)	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Test de Newman Keuhls.

T0 : témoin absolu sans engrais minéral et lombricomposts ; T1 : engrais minéral, T2 : lombricompost formule 1 ; T3 : lombricompost formule 2 ; T4 : lombricompost formule 3 ; les valeurs d'une colonne ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

4.4. Effet global des traitements lombricomposts :

L'analyse de variance (Tableau 5) n'a montré aucune différence

significative ($P > 0,05$), sur tous les paramètres étudiés, pour ce qui concerne l'effet global des traitements lombricomposts.

Tableau 5 : Effets des traitements lombricomposts sur les paramètres

Traitements	Nombre de talles	Nombre de talles productives	Poids des grains/épis (g)	Biomasse sèche aérienne (g)	Biomasse sèche racinaire (g)
T2	27,91 a	26,50 a	63,02 a	64,34 a	31,14 a
T3	32,66 a	31,58 a	59,32 a	74,36 a	37,73 a
T4	30,50 a	28,91 a	56,42 a	70,45 a	38,54 a
Probabilité (P<0,05)	0,06	0,1	0,24	0,24	0,05

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Test de Newman Keuhls.

T2 : lombricompost formule 1 ; T3 : lombricompost formule 2 ; T4 : lombricompost formule 3, les valeurs d'une colonne ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

4.5. Effets des doses des traitements lombricomposts

4.5.1. Traitement T2 : L'analyse de variance (Tableau 6) a montré une différence hautement significative des doses ($p = 0,00$) sur le poids des grains par épis et significative ($p < 0,05$) sur la biomasse sèche aérienne. Il est ressorti des résultats que la dose 25 % a enregistré les meilleures performances en termes de production de grains et de production de biomasse sèche aérienne. Au niveau de la production de grains, la dose 25 % (100,68 g) a enregistré un accroissement de 99,45 % comparativement à la moyenne (50,48 g) du groupe de doses (2,5 %, 5 % et 10 %).

Concernant la biomasse aérienne, la dose 25 % (85,21 g) a également présenté un accroissement de 48,50 % relativement à la moyenne (57,38 g) du groupe de doses (2,5 %, 5 % et 10 %). La dose 25 % a impacté significativement les paramètres de croissance et de productions.

4.5.2. Traitement T3 : L'analyse de variance (Tableau 6) a révélé une différence significative des doses ($p < 0,05$) sur le nombre de talles productives et le poids des grains par épis. Il est ressorti que la dose 25 % a enregistré de fortes valeurs au niveau du nombre de talles productives et du poids des grains par épis. Ainsi, pour le nombre de talles productives, la dose 25 % (39,67 talles productives) a enregistré

des accroissements de 63,05 %, 38,37 %, et 17,82 % comparativement aux doses 2,5 % (24,33 talles productives), 5 % (28,67 talles productives) et 10 % (33,67 talles productives). En ce qui concerne le poids des grains par épis, les accroissements enregistrés par la dose 25 % (81,72 g) sont de 89,12 %, 55,42 % et 36,63 % comparativement aux doses de 2,5 % (43,21 g), 5 % (52,58 g) et 10 % (59,81 g).

4.5.3. Traitement T4 : L'analyse de variance (Tableau 6) des doses a révélé une différence hautement significative ($p = 0,00$) au niveau du poids des grains par épis et significative ($p < 0,05$) sur le nombre de talles, le nombre de talles productives et la biomasse sèche aérienne. Au niveau du nombre de talles, la dose 25 % (39 talles) a favorisé un accroissement de 46,23 %, 67,17 % et 18,18 % comparativement aux

doses 2,5 % (26,67 talles), 5 % (23,33 talles) et 10 % (33 talles). Pour les talles productives, la moyenne de 34,67 talles productives du groupe de doses 10 % et 25 % ont enregistré un accroissement de 49,63 % par rapport au groupe de doses 2,5 % et 5%. Le poids des grains par épis a été plus élevé pour la dose 25 % (78,50 g) que la moyenne de 42,03 g du groupe de doses 2,5 % et 5 % et la dose 10 % (63,13 g). Ceci s'est également traduit par un accroissement de 86,68 % et 24,35 %. La biomasse sèche aérienne enregistrée a été plus élevée au niveau des doses 10 % (78,16 g) et 25 % (91,02 g) que celle des doses 2,5 % (58,31 g) et 5 % (54,34 g). La moyenne (84,59 g) du groupe de doses 10 % et 25% a enregistré un accroissement de 50,17 % comparativement à celle (56,33 g) du groupe de doses 2,5 % et 5 %.

Tableau 6 : Effets des doses des traitements lombricomposts sur les paramètres

	Doses	Nombre de talles	Nombre de talles productives	Poids des grains (g)	Biomasse sèche aérienne (g)	Biomasse sèche racinaire (g)
T2	2,5%	24,67 a	22,00 a	41,29 a	51,00 a	28,68 a
	5%	24,33 a	24,00 a	52,62 a	57,83 a	29,79 a
	10%	27,00 a	25,67 a	57,52 a	63,32 a	27,63 a
	25%	35,67 a	34,33 a	100,68 b	85,21 b	38,47 a
Probabilité (P<0,05)		0,05	0,14	0,00	0,04	0,45
T3	2,5%	26,33 a	24,33 a	43,21 a	60,13 a	33,91 a
	5%	30,00 a	28,67 ab	52,58 bc	65,78 a	38,41 a
	10%	34,00 a	33,67 bc	59,81 b	78,36 a	39,46 a
	25%	40,33 a	39,67 c	81,72 c	93,17 a	39,14 a
Probabilité (P<0,05)		0,05	0,03	0,01	0,17	0,73
T4	2,5%	26,67 ab	25,00 a	41,50 a	58,31 a	33,16 a
	5%	23,33 a	21,33 a	42,59 a	54,34 a	28,20 a
	10%	33,00 bc	32,67 b	63,13 b	78,16 b	43,65 a
	25%	39,00 c	36,67 b	78,50 c	91,02 b	49,16 a
Probabilité (P<0,05)		0,01	0,01	0,00	0,01	0,09

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Test de Newman Keuhls.

T2 : lombricompost formule 1 ; T3 : lombricompost formule 2 ; T4 : lombricompost formule 3. Les valeurs d'une colonne ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Conclusion partielle : L'analyse des effets des doses a révélé que la dose optimale pour le

traitement lombricomposts T2 est la dose 25 %. Quant aux doses 2,5 %, 5 %, 10 % et 25 %, elles

se sont révélées plus performantes pour les traitements lombricomposts T3 et T4.

4.6. Doses efficaces des traitements lombricomposts comparées à l'engrais minéral

4.6.1. Dose 2,5 % de traitement lombricompost: L'analyse de variance (Tableau 7) a montré une différence significative ($P = 0,02$) significative au niveau du nombre de talles à la dose 2,5 %. Les lombricomposts L1, L2 et

L3 ont en moyenne induit un meilleur tallage (25,88 talles) que l'engrais minéral (23,33 talles) et le témoin (18,66 talles). Ils ont donc accru le nombre de talles de 10,93 % et 38,69 % comparativement à l'engrais minéral et le témoin. A cette dose, il a été noté que la production de grains avec les traitements des lombricomposts (42 g) s'équilibre à celui de l'engrais minéral (35,66 g).

Tableau 7 : Effet des doses 2,5% des traitements lombricomposts et engrais minéral

Traitements	Nombre de talles	Nombre de talles productives	Poids des grains (g)	Biomasse sèche aérienne (g)	Biomasse sèche racinaire (g)
T0	18,66 b	18,66 a	35,15 a	39,77 a	25,94 a
T1	23,33 ab	22,00 a	35,66 a	55,01 a	39,61 a
2,5% T2	24,66 a	22,00 a	41,29 a	50,99 a	28,68 a
2,5% T3	26,33 a	24,33 a	43,21 a	60,12 a	33,91 a
2,5% T4	26,66 a	25,00 a	41,50 a	58,31 a	33,16 a
Probabilité ($P < 0,05$)	0,02	0,26	0,76	0,19	0,27

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Test de Newman Keuhls.

T2 : lombricompost formule 1 ; T3 : lombricompost formule 2 ; T4 : lombricompost formule 3 ; T1 : engrais minéral ; T0 : témoin absolu sans engrais minéral et lombricomposts, les valeurs d'une colonne ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

4.6.2. Dose 5% de lombricompost : Les traitements lombricomposts (Tableau 8) se sont nettement distingués de l'engrais minéral et du témoin absolu au niveau de la production de grains par épis et de développement de la biomasse sèche aérienne, à la dose 5 %. Les lombricomposts L1 (52,62 g) et L2 (52,58 g)

pour une moyenne de 52,6 g ont enregistré un accroissement de 47,50 % et 49,64 % comparativement à l'engrais minéral et témoin. Au niveau de la biomasse sèche aérienne, les lombricomposts et engrais minéral ont produit en moyenne 58,24 g contre 39,77 g pour le témoin, soit un accroissement de 46,44 %.

Tableau 8 : Effets des doses 5% des traitements lombricomposts et engrais minéral sur les paramètres

Traitements	Nombre de talles	Nombre de talles productives	Poids des grains (g)	Biomasse sèche aérienne (g)	Biomasse sèche racinaire (g)
T0	18,66 a	18,66 a	35,15 a	39,77 b	25,94 a
T1	23,33 a	22,00 a	35,66 a	55,01 a	39,61 a
5% T2	24,33 a	24,00 a	52,62 b	57,83 a	29,79 a
5% T3	30,00 a	28,66 a	52,58 b	65,78 a	38,41 a
5% T4	23,33 a	21,33 a	42,58 ab	54,34 a	28,19 a
Probabilité ($P < 0,05$)	0,06	0,09	0,04	0,04	0,27

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Test de Newman Keuhls.

T2 : lombricompost formule 1 ; T3 : lombricompost formule 2 ; T4 : lombricompost formule 3 ; T1 : engrais minéral ; T0 : témoin absolu (sans engrais minéral et lombricomposts). Les valeurs d'une colonne ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

4.6.3. Dose 10 % de lombricompost :

L'analyse de variance (Tableau 9) a montré une différence hautement significative ($P = 0,00$) pour le nombre de talles et le poids des grains (PG), et significative ($P = 0,01$) pour le nombre de talles productives et la biomasse sèche aérienne (BMSA) à la dose 10 %. Les traitements lombricomposts T2 (27 talles), T3 (34 talles) et T4 (33 talles) ont induit un meilleur tallage que l'engrais minéral et le témoin. La plus forte valeur enregistrée au niveau de T4 a favorisé un accroissement de 41,45 % et 76,85 % par rapport aux traitements engrais minéral et le témoin. Au

niveau du nombre de talles productives, cette même tendance a été observée. Quant au poids des grains, les traitements lombricomposts (T2, T3 et T4) avec une moyenne de production de 60,15 g ont enregistré une augmentation de 68,68 % et 71,12 % relativement à l'engrais minéral et témoin. Au niveau de la biomasse sèche aérienne, les traitements lombricomposts T3 (78,36 g) et T4 (78,15 g) pour une moyenne de 78,26 g ont induit un accroissement de 42,27 % et 96,78 % comparativement aux traitements engrais minéral (T1) et témoin absolu (T0).

Tableau 9 : Effet des doses 10% des traitements lombricomposts et engrais minéral

Traitements	Nombre de talles	Nombre de talles productives	Poids des grains (g)	Biomasse sèche aérienne (g)	Biomasse sèche racinaire (g)
T0	18,66 a	18,66 a	35,15 b	39,77 b	25,94 a
T1	23,33 ab	22,00 ab	35,66 b	55,01 bc	39,61 a
10% T2	27,00 bc	25,66 b	57,51 a	63,32 ac	27,63 a
10% T3	34,00 d	33,66 c	59,80 a	78,36 a	39,46 a
10% T4	33,00 cd	32,66 c	63,13 a	78,15 a	43,65 a
Probabilité (P<0,05)	0,00	0,01	0,00	0,01	0,18

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Test de Newman Keuhls.

T2 : lombricompost formule 1 ; T3 : lombricompost formule 2 ; T4 : lombricompost formule 3 ; T1 : engrais minéral ; T0 : témoin absolu (sans engrais minéral et lombricomposts). Les valeurs d'une colonne ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

4.6.4. Dose 25 % de lombricompost :

L'analyse de variance (Tableau 10) a montré une différence hautement significative ($P = 0,00$) pour le nombre de talles, le nombre de talles productives, le poids des grains et significative ($P = 0,01$) pour la biomasse sèche aérienne A la dose 25 %. Les traitements lombricomposts (T2, T3 et T4) ont enregistré les meilleures performances que ceux de T1 (engrais minéral) et T0 (témoin absolu). Les traitements lombricomposts ont émis en moyenne 38,33 talles contre 21 talles pour le groupe T1 et T0 (engrais minéral et témoin absolu). Ce qui a suscité un accroissement 82,52 %. Cette tendance a été observée également au niveau du nombre de talles productives. Concernant le

poids des grains, le traitement lombricompost T2 (100,68 g) a enregistré la plus forte valeur comparativement aux traitements lombricomposts T3 (81,72 g) et T4 (78,49 g) et la moyenne (35,41 g) du groupe T1 et T0 (engrais minéral et témoin absolu). Ainsi, le groupe traitements lombricomposts (T3 et T4) et T2 ont enregistré un accroissement respectif de 126,24 % et 184,33 % de grains comparativement au groupe engrais minéral et témoin. Cette même tendance a été observée au niveau de la biomasse sèche aérienne, où les traitements lombricomposts (89,80 g) ont enregistré un accroissement de 89,49 % par rapport au groupe T1 et T0 (engrais minéral et témoin) avec 47,37 g.

Tableau 10 :_Effet des doses 25 % des traitements lombricomposts et engrais minéral

Traitements	Nombre de talles	Nombre de talles productives	Poids des grains (g)	Biomasse sèche aérienne (g)	Biomasse sèche racinaire (g)
T0	18,66 b	18,66 b	35,15 a	39,77 b	25,94 a
T1	23,33 b	22,00 b	35,66 a	55,01 b	39,61 a
25% T2	35,66 a	34,33 a	100,68 c	85,21 a	38,47 a
25% T3	40,33 a	39,66 a	81,72 b	93,17 a	39,14 a
25% T4	39,00 a	36,66 a	78,49 b	91,02 a	49,16 a
Probabilité (P<0,05)	0,00	0,00	0,00	0,01	0,11

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Test de Newman Keuhls.

T1 : engrais minéral ; T0 : témoin absolu (sans engrais minéral et lombricomposts) ; T2 : lombricompost formule 1 ; T3 : lombricompost formule 2 ; T4 : lombricompost formule 3 ; Les valeurs d'une colonne ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Conclusion partielle : L'analyse des doses a montré que les traitements lombricomposts ont été efficaces à partir de 2,5 %, équilibrant ainsi le traitement engrais minéral et le dépassant aux doses de 5 %, 10 % et 25 %.

4.7. Récapitulatif des rendements estimés : Les résultats de l'analyse statistique n'ont montré aucune différence significative entre les traitements pour la dose de 2,5 % (Tableau 11). Par contre des différences significatives ont été obtenues entre les

traitements pour les autres doses (5 %, 10 % et 25 %). Les doses 5 % et 10 % ont permis d'obtenir les meilleurs rendements avec les traitements T2 et T3. Quant à la dose 25 %, elle a permis au traitement T2 de produire la plus grande quantité de riz paddy. Les rendements paddy des traitements lombricomposts ont été positivement corrélés aux doses. En effet, les rendements des traitements lombricomposts ont augmenté avec l'accroissement des doses (Figure 1).

Tableau 11 : Rendement estimé en fonction des différents traitements et des doses

Rendement paddy (T/Ha)					Probabilité (P<0,05)
Doses					
Traitements	2,5%	5%	10%	25%	
T0	5,62 a	5,62 a	5,62 b	5,62 a	
T1	5,71 a	5,71 a	5,71 b	5,71 a	
T2	6,61 a	8,42 b	9,20 a	16,11 c	
T3	6,91 a	8,41 b	9,57 a	13,08 b	
T4	6,64 a	6,81 ab	10,10 a	12,56 b	
Probabilité (P<0,05)	0,76	0,04	0,00	0,00	

Pour une variable et un effet donné, les moyennes affectées de la même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5 %, test de Test de Newman Keuhls.

T2 : lombricompost formule 1 ; T3 : compost formule 2 ; T4 : lombricompost formule 3 ; T1 : engrais minéral ; T0 : témoin absolu (sans engrais minéral et lombricomposts). Les valeurs d'une colonne ayant les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes.

Paddy (T/Ha)

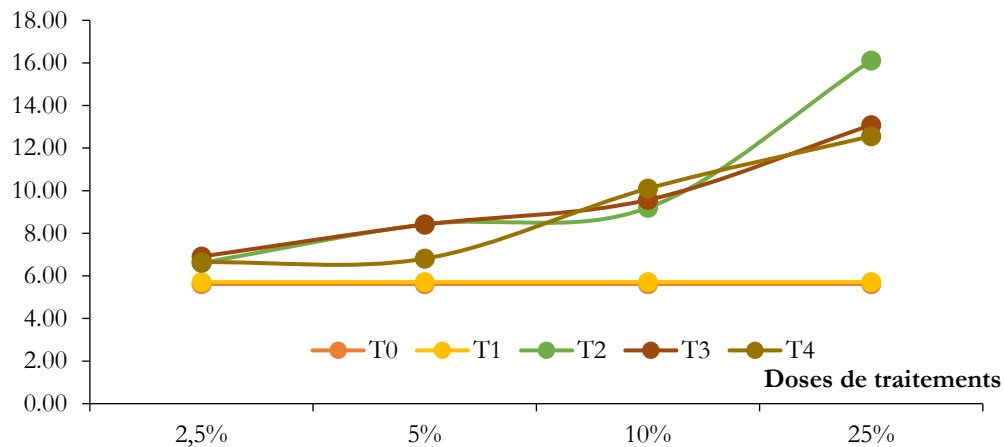


Figure 1 : Evolution des rendements en fonction des doses de traitements

5. DISCUSSION

5.1. Effet global des traitements : L'effet bénéfique des traitements lombricomposts sur les paramètres agronomiques du riz étudiés s'explique par le fait que les lombricomposts ont apporté plus de nutriments aux plants de riz par rapport à l'engrais minéral et au témoin absolu. En effet, l'engrais minéral a fourni de l'azote (0,44 g), P_2O_5 (0,15 g), K_2O (0,15 g), SO_3 (0,03 g), MgO (0,1 g) et CaO (0,06 g) et celui des lombricomposts a ajouté en sus, de l'azote (11,90 g), P_2O_5 (4,83 g), K_2O (9,51 g), MgO (2,55 g) et CaO (9,70 g). De plus, les lombricomposts de par leur nature organique, ont également apporté des minéraux, notamment, Mn (25,13 mg), Fe (44,98 mg), Cu (67,61 mg), Na (56,45 mg), Zn (54,51 mg), Cr (51,92 mg), Cd (57,07 mg) et Pb (47,78 mg). Ces résultats sont en accord avec ceux de Dominguez (2004). En effet, ce dernier a montré dans ses travaux que le lombricompost contient des nutriments sous forme facilement assimilables par les plants. Et, il permettrait aux plants de disposer de substances biologiques actives telles que les régulateurs de croissance (Coulibaly *et al.*, 2014). Les résultats de cette étude cadrent avec ceux de Gbenou (2021), qui a montré que l'emploi de biofertilisants et de thé de lombricompost impacte significativement le tallage, l'émission de feuilles, la hauteur des plants de riz à tous les stades de mesures

comparativement au témoin sans fertilisants. De même, l'impact positif de la fertilisation au lombricompost a également été observé par Hien *et al.* (2018) sur les paramètres agronomiques de la tomate, du chou et du concombre. Les résultats de tous ces travaux indiquent que le lombricompost pourrait être une alternative à la fertilisation chimique des terres dans les pays tropicaux comme l'ont souligné Karmakar *et al.* (2012).

5.2. Effets des doses des traitements lombricomposts : L'effet optimal du traitement lombricompost T2 obtenu à 25 % comparativement à ceux de T3 et T4 dont l'impact positif est obtenu à partir de la dose de 2,5%, s'expliquerait par le fait que les traitements T3 et T4 contiennent en grande partie dans leurs compositions du *Pennisetum giganteum* (Z.x.Lin). En effet, c'est une plante spongieuse qui diffuse plus rapidement les éléments nutritifs qu'elle contient que les copeaux de bois contenus dans le traitement au T2. Les doses à impacts positifs sur les paramètres agronomiques du riz cadrent avec les résultats de Atiyeh *et al.* (2000) et Hashemimajd *et al.* (2004) qui ont montré que la croissance des plants de tomates s'accroît significativement après l'ajout de faibles doses de lombricompost (jusqu'à 30 %) au substrat de culture.



5.3. Doses de lombricomposts efficaces et engrais minéral :

A partir de la dose 2,5 %, les lombricomposts équilibrent efficacement l'engrais minéral. L'effet positif des petites doses des lombricomposts s'expliquerait par le fait que lors du lombricompostage, le transit des déchets dans le tube digestif des vers de terre permettrait une meilleure minéralisation et, par conséquent, augmenterait la teneur en minéraux des lombricomposts (Ndegwa et Thompson, 2001). En outre, les lombricomposts ont apporté plus de nutriments que l'engrais minéral. Ainsi, la dose 2,5 % a apporté plus d'éléments nutritifs en moyenne par plant, à savoir N (2,80 g), P₂O₅ (1,14 g), K₂O (2,24 g), MgO (0,60 g) et CaO (2,28 g) pour établir l'équilibre avec l'engrais minéral, soit l'équivalent de 6,36 N, 7,60 P₂O₅, 14,93 K₂O, 6 MgO et 38 CaO. En outre, la dose 2,5 % a apporté du Mn (5,91 mg), Fe (10,58 mg), Cu (15,91 mg), Na (13,28 mg), Zn (12,83 mg), Cr (12,22 mg), Cd (13,43 mg) et Pb (11,24 mg). Ces quantités sont multipliées par 2, 4 et 10 fois respectivement pour les doses 5 %, 10 % et 25 %. Parallèlement, la moyenne du rapport carbone azote des lombricomposts (C/N=17,78) comprise entre 15 et 20, facilite une bonne couverture des besoins en azote des plants ainsi qu'une décomposition de la matière carbonée. La décomposition des matières organiques par les vers de terre produit un fertilisant naturel, riche en nutriments et en matière organique, améliorant ainsi la structure du sol et favorisant la vie microbienne (Lavelle et Spain 2001 ; Edwards et Arancon, 2004). A contrario, les engrais minéraux fournissent des nutriments spécifiques aux plantes de manière plus rapide et directe, mais peuvent avoir un impact moins positif sur la santé du sol à long terme (Geisseler et Scow, 2014). De manière générale, des quantités modérées de lombricompost ont des effets bénéfiques sur la

croissance des plantes, grâce à l'augmentation de la densité apparente du substrat de culture et à la diminution de la porosité totale et de la quantité d'eau facilement disponible dans les pots (Papafotiou *et al.*, 2005 ; Bachman et Metzger, 2007 ; Grigatti *et al.*, 2007). En clair, Ces modifications des propriétés physiques des substrats pourraient expliquer la meilleure croissance des plantes avec des doses plus faibles de compost et de lombricompost par rapport au substrat à base de tourbe. Bien que la quantité de nutriments dans ces amendements varie selon leur origine, le lombricompost constitue une source de nutriments à libération lente qui fournit aux plantes les nutriments dont elles ont besoin (Chaoui *et al.*, 2003 ; Nevens et Reheul, 2003). Plusieurs travaux de recherche ont montré que le lombricompost peut améliorer la croissance d'un large éventail d'espèces végétales, au-delà de ce que l'on pourrait attendre grâce à l'apport de nutriments (Edwards *et al.*, 2004 ; Grigatti *et al.*, 2007). La colonisation mycorhizienne (Cavender *et al.*, 2003), l'activité microbienne (Domínguez, 2004) et la capacité de suppression des agents pathogènes du sol (Hoitink et Boehm, 1999 ; Szczech, 1999 ; Szczech et Smolinska, 2001 ; Scheuerell *et al.*, 2005 ; Noble et Coventry, 2005 ; Termorshuizen *et al.*, 2006) ont été améliorées par l'ajout de compost et de lombricompost à un substrat de culture ou comme amendement du sol. De plus, des métabolites biologiquement actifs tels que des régulateurs de croissance des plantes (Tomati et Galli, 1995 ; El Harti *et al.*, 2001) et des humates (Atiyeh *et al.*, 2002 ; Canellas *et al.*, 2002) ont été découverts dans le lombricompost. Tous ces bienfaits du lombricompost ajoutés à la dose de 2,5 %, qui permet d'atteindre un rendement équilibré avec celui de l'engrais minéral pourraient faire de lui une bonne alternative.

6. CONCLUSION

Cette étude atteste bien que les lombricomposts peuvent être une alternative aux engrais minéraux en production rizicole à partir de la dose minimale de 2,5%. Par ailleurs, cette étude a montré que le riz supporte bien des doses plus

élevées (25 %) de fertilisants organiques favorisant un accroissement significatif des rendements à l'hectare allant de 6,72 à 13,92 Tonnes comparativement à l'engrais minéral (5,71 Tonnes) et le témoin absolu



(5,62 Tonnes). Des doses, 10 % et 25 % ont enregistré les plus hautes productions de grains avec en prime la dose 25 %, pour le traitement au lombricompost L1. Au regard des fortes concentrations en éléments traces métalliques (ETM), notamment, le Cadmium, du fait de la bioturbation des vers de terre, il faudra

privilégier l'usage des activateurs tels que la mélasse, la fougère, le marc de café, la terre produits synthétiques, de compostage en remplacement de fumiers/fientes de poulets pour réduire drastiquement la teneur du Cadmium dans le compost final.

7. REFERENCES

- Aderiz : 2022. Stratégie Nationale de Développement de la Filière Riz (SNDR 2021-2030). Abidjan, Côte d'Ivoire, 56 p.
- Aderiz^o: 2015. Catalogue officiel des variétés de riz vulgarisées en Côte d'Ivoire, 62 pages.
- Affholder F, Jourdain D. Quang DD. Tuong TP. Morize M. et Ricome A : 2010. Constraints to farmers' adoption of direct-seeding mulch-based cropping systems: A farm scale modeling approach applied to the mountainous slopes of Vietnam. *Agricultural Systems* 103 (1): 51-62.
- Atiyeh RM, Subler S. Edwards CA. Bachman G. Metzger JD. & Shuster W^o: 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia*, 44(5), 579–590.
- Atiyeh RM, Lee S. Edwards CA. Arancon NQ. & Metzger JD^o: 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. *Bioresource Technology*, 84(1), 7–14.
- Bachman GR. et Metzger JD : 2007. Physical and chemical characteristics of a commercial potting substrate amended with vermicompost produced from two different manure sources. *HortTechnology* 17 : 336-340.
- Bhat SA, Singh J. et Vig AP^o: 2017. Instrumental characterization of organic wastes for evaluation of vermicompost maturity. *Journal of Analytical Science and Technology*, 8(2), 12.
- Bizimana J-C. et Richardson JW : 2019. Évaluation de la technologie agricole pour les petites exploitations agricoles^o: une analyse utilisant un modèle de simulation agricole (FARMSIM). L'ordinateur. *Électron. Agric*, 156, 406-425.
- Canellas LP, Olivares FL. Okorokovafaçanha AL. et Façanha AR : 2002. Humic acids isolated from earthworm compost enhance root elongation, lateral root emergence, and plasma membrane H⁺-ATPase activity in maize roots. *Plant Physiol* 130: 1951-1957.
- Cavender ND, Atiyeh RM. et Knee M : 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* at the expense of plant growth. *Pedobiologia* 47 : 85-90.
- Chaoui HI, Zibilske LM. et Ohno T : 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. *Soil Biol. Biochem.* 35 : 295-302.
- Coulibaly SS, Kouassi KI. Tondoh EJ. et Zoro BI : 2014. Influence of the population size of the earthworm *Eudrilus eugeniae* on the heavy metal content reduction during vermicomposting of animal wastes. *Appl. Sci. Rep.* 7(2): 96-103.
- Domínguez J : 2004. State-of-the-art and new perspectives on vermicomposting research. In^o: Earthworm Ecology (Edwards C.A., ed). Ed. CRC Press, Boca Raton. pp. 401-425.
- Doumbia S. et Depieu M : 2014. Analyse des caractéristiques structurelles et des performances technico-économiques de la riziculture irriguée en Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.* 74, 6112.
- Edwards CA, Domínguez J. et Arancon NQ : 2004. The influence of vermicompost on



- plant growth and pest incidence. In: Soil Zoology for Sustainable Development in the 21st Century (Shakir SH, Mikhaïl WZA. eds). Cairo. pp. 396-419.
- Edwards CA. et Arancon NQ^o: 2004. The Use of Earthworms in the Breakdown of Organic Wastes to Produce Vermicomposts and Animal Feed Protein. In: Edwards, C.A., Ed., *Earthworm Ecology*, CRC Press, 345-380.
- El Harti A, Saghî M. Molina JAE. et T  ller G : 2001. Production des composés indoliques rhizog  nes par le ver de terre *Lumbricus terrestris*. *Can. J. Zool-Rev Can. Zool.* 79 : 1921-1932. DOI:10.1139/z01-132.
- Feller C, Blanchart E. Bernoux M. Lal R. et Manlay R : 2012. Soil fertility concepts over the past two centuries : the importance attributed to soil organic matter in developed and developing countries, *Archives of Agronomy and Soil Science* Vol. 58, No. S1, 2012, S3-S21.
- Floret C. et Pontanier R : 2000. La jachère en Afrique tropicale : r  les, aménagement, alternatives. Actes du séminaire international, Dakar, 13-16 avril 1999. John Libbey Eurotext.
- Gala Bi TJ, Camara M. Yao-Kouame A. et Keli ZJ : 2011. Rentabilité des engrais minéraux en riziculture pluviale de plateau: Cas de la zone de Gagnoa dans le Centre Ouest de la Côte d'Ivoire. *J. Appl. Biosci.* 46, 3153-3162.
- Garin P : 1983. Etude des itinéraires techniques rencontrés dans les systèmes d'exploitation à base "géranium " dans les Hauts de l'Ouest de l'  le de la Réunion. Possibilités d'appropriation des innovations techniques par les agriculteurs. CNEARC - ENSSAA-IRAT. *Mémoire de fin d'études*, 119 p. +Annexes. Cirad - Agritrop (<https://agritrop.cirad.fr/360549/>).
- Gbenou P: 2021. Effets des biofertilisants SAIN-orga1, SAIN-orga2 et du jus de vermicompost sur le tallage du riz ir841en système de riziculture intensive dans les conditions agroécologiques de Kakanitcho  , commune d'Adjohoun au Bénin. *Journal International Sciences et Technique de l'Eau et de l'Environnement*, Vol.(v), No.1, : 71-78.
- Geisseler, D. et Scow KM : 2014. Long-Term Effects of Mineral Fertilizers on Soil Microorganisms-A Review. *Soil Biology and Biochemistry*, 75, 54-63. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.03.023>.
- Grigatti M, Giorgonni ME. et Ciavatta C : 2007. Compost-based growing media: influence on growth and nutrient use of bedding plants. *Bioresource Technol.* 98: 3526-3534.
- Guiraud G : 1984. Contribution du marquage isotopique à l'évaluation des transferts d'azote entre les compartiments organiques et minéraux dans les systèmes sol-plante. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université Pierre et Marie-curie, Paris-IV, 335 p.
- Hashemimajd K, Kalbasi M. Golchin A. et Shariatmadari H : 2004. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *J. Plant Nutr.* 27 : 1107-1123.
- Hien V, Ehouman MN. Toure M. et Tiho S : 2018. Effets du vermicompost à base de coques de cacao et de graminées sur quelques paramètres agronomiques de la tomate (*Solanum lycopersicum*), du concombre (*Cucumis sativus*) et chou (*Brassica oleracea*)    Yamoussoukro. *Journal of Applied Biosciences* 126^o: 12707-12716.
- Hointik HAJ. et Bohem MJ :1999. Biocontrol within the context of soil microbial communities: a substratedependent phenomenon. *Annu. Rev. Phytopathol.* 37: 427-46.
- Jica : 2013. Etude de Collecte d'Information Dans Le Secteur Agricole en Côte d'Ivoire : Rapport Final. https://openjicareport.jica.go.jp/pdf/1212_1513.pdf.
- Karmakar S, Brahmachari K. Gangopadhyay A. Choudhury SR: 2012. Recycling of



- different available organic wastes through vermicomposting. *E-J. Chem.*, 9 : 801-806.
- Khonje M, Manda J. Alene AD. et Kassie M : 2015. Analysis of Adoption and Impacts of Improved Maize Varieties in Eastern Zambia, World Development, Elsevier, vol. 66(C), pages 695-706. DOI: 10.1016/j.worlddev.2014.09.00.
- Kotchi JK, Ouattara-Coulibaly YR; N'Guessan GK : 2018. Impact socio-économique de l'aménagement hydro-rizicole de Guiguidou dans la sous-préfecture de Divo (Côte d'Ivoire). *EchoGeo*, (43), 1-17.
- Lal R : 2003. Soil Erosion and the Global Carbon Budget. *Environment International*, 29, 437-450. [https://doi.org/10.1016/S0160-4120\(02\)00192-7](https://doi.org/10.1016/S0160-4120(02)00192-7).
- Lavelle, P. et Spain AV: 2001. *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers, New York. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-5279-4>.
- Mariko K, Macalou M. Xiangmei L. Matafwali E. Alavo J-PE. Eltom EA. et Omondi OM : 2019. Analyse de la métafrontière stochastique de l'efficacité technique des petits producteurs de riz. *Journal of Agricultural Science*, **11**(8), 31-44.
- Mc Intire J: 1986. Constraints to fertilizer use in sub-Saharan Africa. In: Management of nitrogen and phosphorus fertilizers in sub-Saharan Africa, A. Uzo Mokwunye and Paul LG. Vlek (eds): 33-57. Martinus Nijhoff Publishers, Dordrecht.
- Ndegwa PM. et Thompson SA : 2001. Integrating composting and vermicomposting of the treatment and bioconversion of biosolids. *Bioresour. Technology* 76: 107-112.
- Nevens F. et Reheul D : 2003. The application of vegetable, fruit and garden waste (VFG) compost in addition to cattle slurry in a silage maize monoculture: nitrogen availability and use. *Eur. J. Agron.* 19: 189-203.
- Noble R. et Coventry E: 2005. Suppression of soilborne plant diseases with composts: a review. *Biocontrol Sci. Technol.* 15: 3-20.
- Papafotiou M, Kargas G. et Lytra I : 2005. Olivemillwaste compost as a growth medium component for foliage potted plants. *HortScience* 40: 1746-1750.
- Rochecoste J-F, Dargusch P. Cameron D. et Smith C : 2015. An analysis of the socio-economic factors influencing the adoption of conservation agriculture as a climate change mitigation activity in Australian dryland grain production, *Agricultural Systems* 135: 20-30.
- Saito K; Touré A. Arouna A. Fiamohe R. Silué D. Manful J. Bèye A. et Efiue AA : 2019. Évaluation multidisciplinaire de l'innovation agricole et de son impact : Une étude de cas de la variété de riz de plaine WITA 9 en Côte d'Ivoire. *Plant Prod. Sci.* 2019, 22, 428-442.
- Scheuerell SJ, Sullivan DM. et Mahaffee WF : 2005. Suppression of seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*, *P. irregulare*, and *Rhizoctonia solani* in container media amended with a diverse range of Pacific Northwest compost sources. *Phytopathology* 95: 306-315.
- Stoorvogel IJ. et Smaling E: 1990. Assessment of soil nutrient depletion in sub-Saharan Africa, 1983-2000. Vol.1, Main Report 28, Wageningen (The Netherlands), The Winand Staring Centre. The Netherlands, 137 p.
- Suthar S, Kumar K. et Mutiyar PK^o: 2014. Nutrient recovery from compostable fractions of municipal solid wastes using vermitechnology. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 17(1), 174-184.
- Szczecz M : 1999. Suppressiveness of vermicompost against *Fusarium* wilt of tomato. *J. Phytopathol.* 147: 155-161.
- Szczecz M. et Smolinska U : 2001. Comparison of suppressiveness of vermicompost produced from animal manures and sewage sludge against *Phytophthora nicotianae* Breda de Haar var. *nicotianae*. *J. Phytopathol.* 149 :77-82.



- Termorshuizen AJ, Van Rijn E. Van Der Gaag DJ. Alabouvette C. Chen Y. Lagerlöf J. Malandrakis AA. Paplomatas EJ. Rämert B. Ryckeboer J. Steinberg C. et Zmoranaum S : 2006. Supressiveness of 18 composts against 7 pathosystems: variability in pathogen response. *Soil Biol. Biochem.* 38: 2461-2477.
- Tittonell P. et Giller KE : 2013. When yield gaps are poverty traps : The paradigm of ecological intensification in African smallholder agriculture. *Field Crops Research*, 143 (1) : 76-90.
- Tomati U. et Galli E : 1995. Earthworms, soil fertility and plant productivity. *Acta Zool. Fenn.* 196: 11-14.
- Useni S, Baboy L. Nyembo K. et Mpundu M: 2012. Effets des apports combinés de biodéchets et de fertilisants inorganiques sur le rendement de trois variétés de *Zea mays* (L.) cultivées dans la région de Lubumbashi. *J. Appl. Biosci.* 54: 3935 – 39.
- Vanlauwe B, Wendt J. Giller KE. Corbeels M. Gerardf B. et Nolte C : 2014. A fourth principle is required to define Conservation Agriculture in sub-Saharan Africa: The appropriate use of fertilizer to enhance crop productivity. *Field Crops Research*, 155 : 10–13.