



Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Effet des amendements organiques sur la tolérance à la salinité du riz (*Oryza sativa* L) dans les bas-fonds en zone sud-soudanienne au Sénégal

Yaya DIATTA^{1*}, Sire DIEDHIOU¹, Arfang O.K. GOUDIABY¹, Yves P. SAGNA¹,
Mariama D. DIALLO² et Ibrahima NDOYE³

¹Université Assane Seck Ziguinchor, Département d'Agroforesterie, Sénégal.

²Université Gaston Berger, UFR SA2TA, St Louis, Sénégal.

³Université Cheikh Anta Diop, Dakar, Senegal.

*Corresponding author; E-mail: diattayaya231@gmail.com

RESUME

Au Sud du Sénégal, la production rizicole, essentiellement pluviale a baissé considérablement due à l'augmentation de la salinité. Pour faire face aux problèmes pédoclimatiques et accroître la productivité du riz, ce travail qui a eu pour objectif de tester l'effet de différents amendements organiques (biochar et compost) sur la tolérance à la salinité du riz (*Oryza sativa* L) dans des bas-fonds sulfato-ferrugineux a été entrepris. Un dispositif en split plot a été installé dans deux zones: salées et non-salées au Sud du Sénégal. Au sein de chaque zone, un dispositif randomisé avec 2 facteurs a été installé: amendement organique (biochar, compost, et témoin) et variétés de riz (War1, War77 et Rock5). Il y'a eu une augmentation significative du pH 15 jours après l'apport de matière organique dans les horizons 10-30 cm en zone salée et non-salée ($P < 0,05$). Il n'y a pas eu de différence significative pour la hauteur, la masse des 1000 grains et le rendement en grains ($P > 0,05$) entre les deux zones avec ou sans amendement. Dans la zone salée, à la suite des amendements organiques, il y'a eu une augmentation du nombre de talles et du diamètre des plants pour les variétés War1 et War77. Les biomasses aériennes ont aussi augmenté pour les variétés War77 et Rock5 suite aux amendements organiques. Les amendements organiques pourraient être utilisés dans les bas-fonds salés pour améliorer la tolérance du riz à la salinité et augmenter ainsi le rendement.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Rizière, salinité, biochar, compost, productivité.

Effect of organic amendments on paddy rice (*Oryza sativa* L) tolerance to salinity in the south-Sudanian zone in Senegal

ABSTRACT

In southern Senegal, rice production, which is mainly rain-fed, decreased considerably due to the increase in salinity. To cope with pedoclimatic problems and increase the productivity of rice, this work which had for objective to test the effect of organic amendments (biochar and compost) on the tolerance of paddy rice (*Oryza sativa* L) to salinity has been carried out. A split plot design was set up in two paddy field sites: salty and non-salty in southern Senegal. Within each site, a randomized design with 2 factors was installed: organic amendment (biochar, compost, and control) and rice varieties (War1, War77 and Rock5). There was a

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.21>

8268-IJBCS

significant increase in pH at 15 days after amendment in horizons 10-30 cm in both salty and non-salty areas ($P < 0.05$). No significant difference was found between the two sites for plant height, 1000 grain weight, and grain yield ($P > 0.05$) with or without amendment. In the salty area, there was an increase in the number of tillers and the diameter of the plants for varieties War1 and War77. Aboveground biomass for War77 and Rock5 also increased following organic amendments. Organic amendments could be used in salty paddy fields to improve rice tolerance to salinity and increase yield.

© 2019 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Paddy rice, salinity, biochar, compost, productivity.

INTRODUCTION

La salinité constitue l'une des principales contraintes de la production rizicole au Sénégal, causant ainsi une réduction considérable du rendement (PRACAS, 2014). Avec le problème de réchauffement climatique, accompagné de la rareté des pluies, les bas-fonds deviennent de plus en plus salés (Diallo et al., 2015a). Face à cette situation, les agriculteurs adoptent différentes stratégies avec notamment l'utilisation de variétés de riz (*Oryza sativa* L) tolérantes à la salinité (Labo et al., 2016). Cette stratégie ne tient pas compte de la gestion des sols. La salinité altère les propriétés physico-chimiques des sols. La présence importante de sodium déstabilise le complexe argilo-humique en dispersant l'argile et en détruisant ainsi la structure du sol (Brady et Weil, 2007). Une gestion intégrée, associant une technologie intelligente de gestion des sols face aux changements climatiques comme les amendements organiques, s'avère alors nécessaire. Les apports organiques, du fait de leur teneur importante en éléments nutritifs, de leurs effets positifs sur l'amélioration des propriétés physico-chimiques des sols tels que la structure, le pH, la capacité d'échange cationique (CEC), et de leur impact positif sur l'activité microbienne des sols, pourraient constituer un outil durable et intelligent d'amélioration de la fertilité des sols face aux changements climatiques dans les bas-fonds salés (Diallo et al., 2015b; Manga et al., 2017). Des études antérieures ont montré que les amendements organiques pourraient être une solution pour réduire l'impact du sel dans les rizières (Andriankaja, 2001). En effet, Mulaji (2011) a montré que les amendements

organiques permettaient d'améliorer les propriétés physico-chimiques des sols affectés par la salinité et la croissance des plantes. Dès lors, l'apport de biochar et de compost pourrait être une solution pour réduire l'impact de la salinité et améliorer ainsi le développement du riz. C'est dans ce contexte que la présente étude qui a eu pour objectif de déterminer l'effet du biochar et du compost sur la tolérance à la salinité du riz dans les bas-fonds sulfato-ferrugineux au Sud du Sénégal a été entreprise. Vu que les bas-fonds sont acides, nous avons émis l'hypothèse selon laquelle les amendements organiques devraient abaisser et augmenter le pH des sols et ainsi libérer beaucoup plus d'ions minéraux. Cette disponibilité en ions devrait avoir un effet positif sur la tolérance du riz à la salinité en améliorant la croissance et le rendement du riz.

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

L'étude a été conduite en station expérimentale localisée dans le village de Bouteum situé sur la rive droite du fleuve Casamance au Sud du Sénégal. Le climat est de type Sud-soudano côtier avec une température moyenne annuelle diurne de 27 °C (Sagna, 2005). La texture du sol est argilo-sableuse.

Matériel végétal et amendements organiques

Les semences homologuées de trois variétés de riz War1, War77 et la Rock5, adaptées aux bas-fonds et résistantes à la salinité ont été fournies par l'entente de Diouloulou. Le groupe variétal du riz est *indica*. Deux types d'amendements ont été

utilisés dans cette étude, le biochar et le compost d'anacarde. Le biochar a été collecté chez les vendeurs de charbon et présente un pH de 6.4. Le compost est issu de pommes d'anacarde décomposées et présente un pH de 4.1. Les pommes d'anacarde ont été pressées et laissées à décomposer en tas pendant au moins 12 mois.

Mise en place de la pépinière

Le semis de la pépinière a été réalisé à la volée pendant l'hivernage au mois d'août 2017. Au bout de 30 jours de culture, les jeunes plants ont été préparés pour le repiquage dans les bas-fonds.

Dispositif expérimental et Aménagement des casiers rizicoles

Le dispositif expérimental est un split plot avec trois facteurs. Le facteur principal est la salinité avec la délimitation de deux zones : une zone salée (S) avec une salinité de 2,7‰ et une zone non-salée (NS) avec une salinité de 0,97‰. Au sein de chaque zone, un second facteur amendement organique avec 3 niveaux (biochar, compost et témoin) a été appliqué au hasard par casier rizicole et répété 3 fois pour un total de $3 \times 3 = 9$ casiers rizicoles par zone (Figure 1). Les casiers rizicoles ont été entourés de diguettes ; ils sont de dimension 3 m x 3 m et comprennent chacun trois billons de 2 m x 0,5 m. Dans chaque casier, 3 variétés de riz (War1, War77 et Rock5) ont été cultivées au hasard à raison de 1 variété par billon pour un total de $3 \times 3 \times 3 = 27$ unités par zone.

Les amendements organiques ont été apportés à la dose de 10 kg.m⁻² une semaine avant repiquage dans chaque casier rizicole. Les plants de riz âgés de 30 jours ont été repiqués à raison de 1 plant par poquet sur les billons en respectant un écartement de 20 cm entre les plants sur la longueur et sur la largeur des billons, soit une densité de 33 plants.m⁻². Au moment du repiquage, les rizières étaient engorgées d'eau jusqu'à une hauteur de 30 cm.

Collecte des données

La collecte de données a porté sur les paramètres physico-chimiques du sol, sur les paramètres agro-morphologiques du riz et sur le rendement du riz qui a été déterminé à maturité à 90 JAR.

Paramètres physico-chimiques

Des échantillons composites de sol ont été constitués en prélevant et en mélangeant trois échantillons des horizons 0-10 cm et 10-30 cm. Ces échantillons ont été prélevés avant labour afin d'évaluer respectivement le pH et la salinité du sol. Au total 36 échantillons ont été prélevés dans les deux zones (salée et non-salée). D'autres prélèvements ont été effectués à 15 jours après repiquage (JAR), lors du tallage du riz à 60 JAR et à 90 JAR. Par la suite, ces échantillons ont été séchés à l'air pendant 72 heures. Pour déterminer le pH, 10 g de sol par échantillon ont été mélangés à 25 ml d'eau distillée et agités pendant 2 minutes. Ensuite, le pH-mètre VWR à électrode de verre a été utilisé pour mesurer le pH du sol. La mesure de la salinité a quant à elle été déterminée à l'aide d'un refractomètre optique de type (HTC). Le refractomètre est formé de deux bandes graduées de part et d'autre du point focal. Le principe d'utilisation consiste à mettre une goutte d'eau sur la lame du refractomètre. La valeur indiquant la salinité (‰ ± 0.001) est lue à travers le monoculaire.

Paramètres agro-morphologiques

Le taux de survie a été évalué à 15 JAR, à 60 JAR et à 90 JAR. Un décompte du nombre de plants qui ont survécu après repiquage dans les différents casiers d'expérimentation en fonction des différents traitements a été effectué. 5 individus par traitement ont été retenus pour le comptage du nombre de talles à 60 JAR. Le diamètre du collet et la hauteur des plants ont été mesurés également sur 5 individus par traitement et par zone à 90 JAR.

Paramètres de rendement

Les plantes collectées ont été séchées à l'étuve à 70 °C pendant 72 h avant d'être pesées. Les masses des panicules et de la biomasse des plantes ont été déterminées en faisant le cumul de la masse moyenne de 5 plants par traitement et par zone. Pour la

masse de 1000 grains, elle a été déterminée en collectant et en pesant mille (1000) grains sur 5 individus par traitement. Le rendement en grains ($t.ha^{-1}$) a été déterminé en utilisant la formule de Lacharme (2001) :

$$\text{Rendement} = NP.ha^{-1} \times NT.P^{-1} \times Npa.T^{-1} \times NG.Pa^{-1} \times PG$$

Avec $NP.ha^{-1}$ = nombre de plants/hectare = $NP.m^2 \times 10\ 000$;

$NT.P^{-1}$ = nombre de talles/pieds ; $Npa.T^{-1}$ = nombre de panicule/talles ; $NG.Pa^{-1}$ = nombre de grains/panicules ; PG = masse d'un grain.

Analyse statistique

Les données ont été analysées avec le logiciel XLSTAT 2014 version 5.03. Une ANOVA à deux facteurs a été utilisée pour analyser les données. Les moyennes ont par la suite été comparées en utilisant le test de Fisher LSD au seuil de probabilité de 5%.

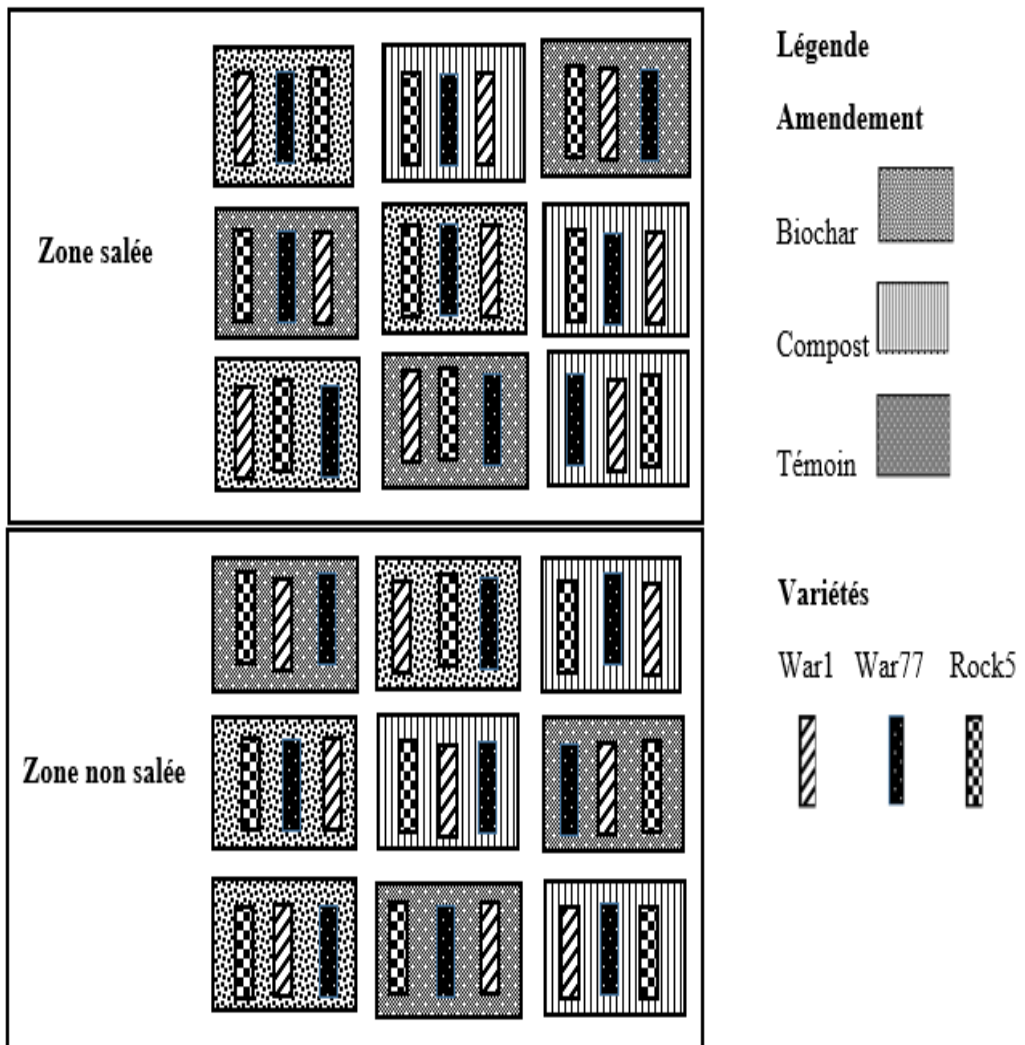


Figure 1: Schéma du dispositif expérimental appliqué dans chaque zone.

RESULTATS

Variation du pH du sol

A 15 JAR, les sols amendés au biochar et prélevés au niveau de l'horizon 10-30 cm ont eu un pH significativement plus élevé comparé à leur état initial dans la zone salée comme non-salée (Tableau 1). Ces mêmes sols ont aussi eu un pH statistiquement supérieur aux sols témoins dans les deux zones. Pour les sols amendés au compost, il n'y a eu une augmentation de pH que dans la zone non-salée à 15 JAR au niveau de l'horizon 10-30 cm. A 90 JAR, seuls les sols amendés au compost de l'horizon 10-30 cm ont eu un pH significativement moins élevé que ceux amendés au biochar et ceux témoins ($p < 0,05$; Tableau 1).

Paramètres agro-morphologiques

Taux de survie des plants

Le taux de survie moyen des plants est significativement plus élevé ($P < 0,001$) dans la zone non-salée 98% contre 75% dans la zone salée (Tableau 2). Une diminution significative du nombre de plants est notée dans la zone salée après 15 JAR quel que soit le traitement ($P < 0,05$). La salinité a entraîné une diminution des plants dans la zone salée. Le taux de survie des trois variétés de riz a été sensible à la salinité quel que soit l'amendement organique.

Nombre de talles

Dans la zone salée, l'apport de compost ou de biochar a eu un effet positif sur le nombre moyen de talles pour la variété War1 (Tableau 3). La variété War77 y a aussi bien réagi à l'apport de compost avec un nombre moyen de talles (13) statistiquement plus élevé que pour le témoin sans amendement. Dans la zone non-salée, il n'y a pas eu d'effet significatif ni en fonction de l'apport organique, ni en fonction de la variété ($P > 0,05$). Les amendements organiques n'ont pas eu d'effet en zone non-salée. Dans la zone salée, suite aux amendements, les plants de la variété War1 ont eu un nombre moyen de talles supérieur aux plants témoins non-amendés.

Hauteur moyenne des plants

Dans la zone non-salée, la hauteur moyenne des plantes n'est statistiquement pas

différente ($P > 0,05$) ni en fonction des amendements, ni en fonction de la variété cultivée (Tableau 3). Dans la zone salée, même si la hauteur moyenne des plants pour les parcelles non-amendées est plus petite, la différence n'est pas statistiquement significative ($P > 0,05$). Cependant, une comparaison des traitements toute zone confondue montre que la hauteur moyenne des plants War1 et Rock5 pour le traitement au biochar en zone non-salée est statistiquement plus élevée que celle des mêmes variétés non-amendées en zone salée. En considérant respectivement les différents amendements organiques en plus du témoin, il n'y a pas de différence significative pour la hauteur des plants en zone salée vs zone non-salée.

Diamètre

L'apport de matière organique n'a eu aucun effet significatif sur le diamètre moyen des plantes en zone non-salée pour toutes les variétés (Tableau 3, $P > 0,05$). Dans la zone salée, l'effet des amendements organiques n'est statistiquement significatif que pour les variétés War1 et War77 par rapport au témoin non-amendé. Le diamètre moyen des plants amendés War1 et War77 n'est cependant statistiquement pas différent en fonction des zones ($P > 0,05$). Il y'a eu un effet amendement uniquement dans la zone salée avec les plants War1 et War77 qui ont eu un diamètre moyen supérieur aux témoins.

Paramètres de rendement

Biomasse aérienne des plants

Dans la zone non-salée, pas de différence ni en fonction de l'amendement, ni en fonction de la variété. Cependant, dans la zone salée, l'effet de l'apport du compost n'a été significatif que pour les variétés War77 et Rock5 avec une biomasse moyenne aérienne significativement supérieure à celle des témoins ($P < 0,05$; Tableau 4). En comparant l'effet de l'apport du compost en zone salée vs zone non-salée, on remarque que la biomasse moyenne aérienne obtenue avec les variétés War77 (17,37 g) et Rock5 (17,02 g) dans la zone salée est significativement supérieure ($P < 0,01$) à celle obtenue avec les mêmes variétés dans la zone non salée, respectivement (8,66 g) et (8,74 g). Il y'a eu

un effet du compost qui a permis aux plants des variétés War77 et Rock5 dans la zone salée d'avoir une biomasse végétale moyenne supérieure à celle des plants des mêmes variétés de la zone non-salée.

Biomasse racinaire des plants

Aucune différence sur la biomasse moyenne racinaire ($P > 0,05$) quels que soient la variété, l'apport organique ou le degré de salinité de la zone n'a été observée (Tableau 4).

Masse moyenne des panicules

En zone non-salée, la masse moyenne des panicules est statiquement la même pour les traitements amendés ou non-amendés, et pour toutes les variétés à l'exception de la variété War1 ($P > 0,05$; Tableau 4). En effet, l'apport du biochar a eu un effet statistiquement significatif sur la masse moyenne des panicules de la variété War1 comparée au traitement compost et au témoin ($P < 0,05$). En zone salée aussi, il n'y a eu aucune différence significative de la masse moyenne des panicules en fonction des amendements ou des variétés ($P > 0,05$). Cependant la variété War1, en zone non-salée et amendée au biochar, présente une masse moyenne de la panicule statiquement supérieure à celle des plants de War1 amendés au biochar en zone salée ($P > 0,05$; Tableau 4).

Masse des 1000 grains

Il n'y a pas eu de différence significative pour la masse des 1000 grains ($P = 0,7245$) quels que soient le degré de salinité, la variété ou l'amendement (Tableau 4). Il y'a eu un effet variété qui fait que les masses des 1000 grains obtenues dans les deux zones ne sont pas statistiquement différentes.

Rendement

En zone salée quel que soit l'amendement organique, il n'existe pas de différence significative (Tableau 4 ; $P > 0,05$). Donc en zone salée les amendements n'ont pas impacté positivement le rendement. En zone non salée, l'apport du biochar associé avec la War1 a donné le meilleur rendement. Néanmoins aucune différence significative n'est notée entre les traitements dans la zone non-salée ($P > 0,05$).

Cercle de corrélation des différents paramètres étudiés

L'analyse du cercle de corrélation montre que l'axe F1 a expliqué 61,35% de la variabilité (Figure 2). Au total, les deux premiers axes F1 et F2 expliquent 79,12% de la variabilité totale. Au niveau de l'axe 1, nous notons une forte corrélation entre la hauteur, la masse des panicules et la masse des 1000 grains avec l'amendement biochar dans la zone non-salée. Par contre dans la zone salée, le nombre de talles, les biomasses aérienne et racinaire et le diamètre sont corrélés avec l'apport du compost.

Tableau 1: Variation du pH dans les zones salée et non-salée amendées ou non avec du biochar et du compost à différentes dates au niveau des deux horizons (0-10 et 10-30 cm).

Date	Traitements	Horizons	
		0-10cm	10-30cm
<i>Zone salée</i>			
Initial	Biochar	4,82 ^{a*}	4,05 ^a
	Compost	4,97 ^a	4,25 ^a
	Témoin	5,05 ^a	4,45 ^a
15 JAR	Biochar	5,57 ^a	6,14 ^b
	Compost	5,73 ^a	5,73 ^{ab}
	Témoin	5,45 ^a	4,93 ^a

60 JAR	Biochar	4,83 ^a	4,54 ^a
	Compost	4,39 ^a	4,69 ^a
	Témoin	4,32 ^a	4,44 ^a
90 JAR	Biochar	4,37 ^a	4,16 ^a
	Compost	4,15 ^a	4,27 ^a
	Témoin	4,07 ^a	4,16 ^a
Zone non salée			
Initial	Biochar	4,32 ^a	4,66 ^a
	Compost	4,67 ^a	4,67 ^a
	Témoin	4,77 ^a	4,77 ^a
15 JAR	Biochar	6,21 ^a	6,52 ^b
	Compost	6,24 ^a	6,37 ^b
	Témoin	6,03 ^a	5,77 ^a
60 JAR	Biochar	4,3 ^a	4,88 ^a
	Compost	4,16 ^a	4,32 ^a
	Témoin	4,48 ^a	4,59 ^a
90 JAR	Biochar	4,48 ^a	4,5 ^a
	Compost	3,94 ^a	4,02 ^b
	Témoin	4,21 ^a	4,33 ^b

*Les valeurs sur une même colonne pour une même date présentant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (Test de Fisher LSD, seuil 5%), JAR: Jours après repiquage.

Tableau 2: Taux de survie des plants à différentes dates de trois variétés de riz cultivées en zones salée et non-salée et amendées ou non au biochar ou au compost.

Variétés	Etapas	Biochar	Compost	Témoin
Zone salée				
War1	15JAR	96,96 ^{a*}	95,95 ^a	84,84 ^a
	60JAR	79,79 ^b	55,55 ^b	52,52 ^b
	90JAR	79,79 ^b	54,54 ^b	52,52 ^b
War77	15JAR	97,97 ^a	94,94 ^a	93,93 ^a
	60JAR	93,93 ^a	58,58 ^b	61,61 ^b
	90JAR	87,87 ^a	57,57 ^b	61,61 ^b
Rock5	15JAR	95,95 ^a	89,89 ^a	85,85 ^a
	60JAR	80,8 ^b	60,6 ^b	61,61 ^b
	90JAR	80,8 ^b	60,6 ^b	59,59 ^b
Zone non salée				
War1	15JAR	100 ^a	98,98 ^a	100 ^a

War77	60JAR	98,98 ^a	96,96 ^a	97,97 ^a
	90JAR	98,98 ^a	96,96 ^a	97,97 ^a
	15JAR	98,98 ^a	100 ^a	100 ^a
Rock5	60JAR	96,96 ^a	98,98 ^a	100 ^a
	90JAR	96,96 ^a	96,96 ^a	100 ^a
	15JAR	100 ^a	100 ^a	100 ^a
	60JAR	98,98 ^a	100 ^a	100 ^a
	90JAR	98,98 ^a	98,98 ^a	100 ^a

*Les valeurs sur une même colonne pour une même date présentant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (Test de Fisher LSD, seuil 5%), JAR: Jours après repiquage.

Tableau 3: Nombre de talles, hauteur et diamètre des plants de trois variétés de riz cultivées en zone salée et non-salée et amendées ou non au biochar ou au compost.

Amendements	Variétés	Nombre de talles	Hauteur (cm)	Diamètre (cm)
Zone salée				
Témoin	War1	8 ^{de*}	61,46 ^c	1,64 ^d
	War77	7 ^e	66,6 ^{bc}	1,72 ^{cd}
	Rock5	7 ^e	67,73 ^{bc}	1,88 ^{bcd}
Biochar	War1	14 ^{ab}	99,86 ^{abc}	3,13 ^a
	War77	11 ^{bcde}	99,13 ^{abc}	3,16 ^a
	Rock5	12 ^{abcde}	103,26 ^{abc}	2,89 ^{abc}
Compost	War1	15 ^a	97,4 ^{abc}	3,16 ^a
	War77	13 ^{abc}	87,26 ^{abc}	3,24 ^a
	Rock5	13 ^{abc}	92,73 ^{abc}	3,03 ^{abc}
Zone non salée				
Témoin	War1	11 ^{abcde}	101,53 ^{abc}	2,55 ^{abcd}
	War77	11 ^{abcde}	108,13 ^{ab}	2,39 ^{abcd}
	Rock5	8 ^{de}	104,93 ^{ab}	2,32 ^{abcd}
Biochar	War1	9 ^{bcde}	110,53 ^a	3,06 ^{ab}
	War77	9 ^{bcde}	108,13 ^{ab}	2,82 ^{abcd}
	Rock5	8 ^{cde}	111,2 ^a	2,7 ^{abcd}
Compost	War1	11 ^{abcde}	95,66 ^{abc}	3,06 ^{ab}
	War77	10 ^{abcde}	98,26 ^{abc}	2,8 ^{abcd}
	Rock5	10 ^{abcde}	93,6 ^{abc}	2,7 ^{abcd}

*Les valeurs sur une même colonne pour une même date présentant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (Test de Fisher LSD, seuil 5%), JAR: Jours après repiquage.

Tableau 4: Biomasse aérienne, biomasse racinaire, masse de panicule, masse 1000 graines et rendement des plants de trois variétés de riz cultivées en zone salée et non-salée et amendées ou non au biochar ou au compost.

Traitements		Biomasse aérienne(g)	Biomasse racinaire(g)	Masse panicule(g)	Masse 1000 graines (g)	Rendement (t/ha)
Zone salée						
Témoin	War1	7,85 ^{c*}	2,86 ^a	41,03 ^{bc}	21 ^a	0,81 ^b
	War77	7,93 ^c	2,26 ^a	47,15 ^{bc}	26 ^a	0,84 ^{ab}
	Rock5	8,6 ^c	3,43 ^a	45,90 ^{bc}	21 ^a	1,04 ^{ab}
Biochar	War1	15,10 ^{abc}	3,33 ^a	51,37 ^{bc}	21 ^a	1,27 ^{ab}
	War77	14,92 ^{abc}	3,93 ^a	55,45 ^{bc}	23,33 ^a	1,63 ^{ab}
	Rock5	12,61 ^{abc}	3,06 ^a	53,82 ^{bc}	24 ^a	1,38 ^{ab}
Compost	War1	15,82 ^{abc}	4,26 ^a	61,36 ^{abc}	23,66 ^a	1,09 ^{ab}
	War77	17,73 ^a	4,73 ^a	44,25 ^{bc}	26 ^a	0,84 ^b
	Rock5	17,02 ^{ab}	4,46 ^a	61,46 ^{abc}	23,33 ^a	1,62 ^{ab}
Zone non salée						
Témoin	War1	10,63 ^{ab}	3,2 ^a	52,53 ^{bc}	1,73 ^{ab}	1,73 ^{ab}
	War77	13,7 ^{abc}	3,2 ^a	53,37 ^{bc}	1,76 ^{ab}	1,76 ^{ab}
	Rock5	11,78 ^{abc}	4,4 ^a	47,54 ^{bc}	1,56 ^{ab}	1,56 ^{ab}
Biochar	War1	9,48 ^{bc}	3,66 ^a	80,84 ^a	2,66 ^a	2,66 ^a
	War77	12,74 ^{abc}	3,6 ^a	65,46 ^{ab}	2,16 ^{ab}	2,16 ^{ab}
	Rock5	8,75 ^c	3,33 ^a	57,28 ^{bc}	1,89 ^{ab}	1,89 ^{ab}
Compost	War1	9,22 ^{bc}	3,33 ^a	54,14 ^{bc}	1,72 ^{ab}	1,72 ^{ab}
	War77	8,66 ^c	3,6 ^a	48,95 ^{bc}	1,56 ^{ab}	1,56 ^{ab}
	Rock5	8,74 ^c	2,46 ^a	42,28 ^{bc}	1,37 ^{ab}	1,37 ^{ab}

*Les valeurs sur une même colonne pour une même date présentant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (Test de Fisher LSD, seuil 5%), JAR: Jours après repiquage.

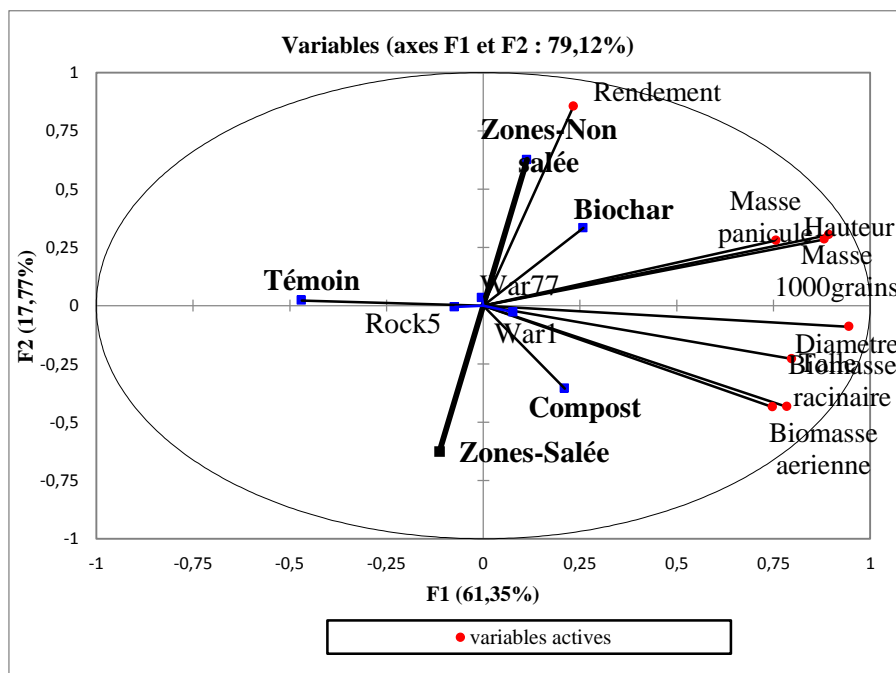


Figure 2: Cercle de corrélation des paramètres agro-morphologiques.

DISCUSSION

Le pH a-t-il été modifié suite aux apports de compost ou de biochar ?

Les sols des bas-fonds étant acides, l'augmentation du pH à 15 JAR dans les horizons 10-30 cm pourrait être attribuée aux amendements. Au niveau de l'horizon 0-10 cm, l'effet n'est pas significatif ; il se pourrait qu'en profondeur, l'effet tampon de la matière organique soit beaucoup plus intense qu'en surface dans les premières semaines. Au fil des temps, avec l'engorgement en eau, la décomposition des amendements organiques pourrait acidifier beaucoup plus le milieu et faire baisser le pH. Des résultats similaires ont été trouvés par Ouédraogo (2010) qui a noté une augmentation du pH quelques jours après amendement suivie d'une diminution progressive en fin de culture. Toundou et al. (2014) ont obtenu une augmentation du pH à la suite de l'enfouissement du compost dans les sols acides. Les résultats similaires ont été obtenus par Bonaventure (2016) avec le biochar. L'apport de matières organiques pourrait modifier la disponibilité en nutriment dans les bas-fonds salins en relevant le pH. La baisse de l'acidité des sols augmente la disponibilité des nutriments. Ces nutriments vont booster la croissance des plantes et augmenter ainsi leur tolérance à la salinité. Cependant, les amendements organiques enfouis dans un milieu engorgé d'eau pourraient abaisser le pH en fin de culture d'où la nécessité de faire des investigations beaucoup plus approfondies sur l'apport de matière organique dans les rizières.

Les amendements organiques ont-ils amélioré la croissance du riz en zone salée ou en zone non-salée ?

La salinité a eu un impact négatif sur la survie des plants qui pourrait être due à la non-disponibilité d'éléments nutritifs pour les plantes. Selon Munns et al. (2006) et Kemassi (2011), l'excès de sel dans le sol entraîne une baisse de la disponibilité des nutriments pour les plantes et conduit ainsi à leur mortalité. Mohamdi et al. (2014) et Lahouel (2014) ont montré que la salinité joue un rôle important

dans la diminution de nombre de plantes.m². Des résultats similaires ont été trouvés par Faye (2016) qui a noté une mortalité de plants de riz au stade plantule suite à une augmentation de la salinité du milieu. Ce même auteur montre que les effets de la salinité sur le riz varient suivant le niveau de salinité et les caractéristiques de la variété. Dans la plupart des cas, le riz devient particulièrement sensible à la salinité au stade plantule (Diaw-Sow et al., 2007). Pour le nombre de talles et la biomasse aérienne des plantes, l'analyse des données nous révèlent que ces paramètres sont influencés positivement par les amendements organiques dans la zone affectée par la salinité. Cela pourrait s'expliquer par la réduction de la salinité du milieu suite à l'apport de matière organique ; ce qui favoriserait donc la disponibilité d'éléments nutritifs pour les plantes (Ly et al., 2014). Les études de Miller et al. (2013) ont montré que le biochar et le compost sont des sources directes de nutriments et leur ajout sur différents types de substrats horticoles améliore les propriétés physiques du sol et engendre des concentrations minérales plus importantes. Saidou et al. (2014) soutiennent que chez le riz, l'absorption des éléments minéraux devient maximale durant le stade tallage et début de montaison. Ces auteurs ont montré que les amendements organiques ont stimulé la production de talles. Le riz est peu sensible à la salinité au stade de tallage mais très sensible dans la phase de maturation (Faye, 2016).

L'absence d'effet des amendements organiques sur la masse de 1000 grains, la hauteur et le rendement, pourrait être expliquée par l'utilisation de variétés tolérantes à la salinité. Ndaw et al. (2017) avaient montré que la hauteur ne diminuait qu'avec une salinité d'au minimum 4 ds/m. Dans cette étude les eaux des bas-fonds avaient une salinité de 2,71 ds/m. Aussi, selon Andrianjatovo (2012), la masse de 1000 grains est un caractère variétal qui est difficilement influencé par les pratiques culturales. Pour la majorité des paramètres étudiés, nous n'avons pas noté d'effet des

amendements en zone non-salée, ceci pourrait être lié au fait que les variétés de riz choisies sont tolérantes à la salinité. Ces variétés ne seront pas à leur optimum dans un milieu non-salé. Ce qui pourrait expliquer l'obtention des mêmes valeurs pour certains paramètres en zone salée comme en zone non-salée.

Conclusion

L'étude de l'effet des amendements organiques, biochar et compost sur le développement et la production du riz *Oryza sativa* L dans les bas-fonds sulfato-ferrugineux affectés par la salinité a permis de noter que la salinité a eu un effet négatif sur le taux de survie des plants pour l'ensemble des variétés utilisées. Les amendements organiques ont augmenté le pH dans les horizons 10-30 cm en zone salée comme en zone non-salée dans les premières semaines après enfouissement. L'augmentation du pH pendant cette période correspondant au stade plantule chez le riz, stade où le riz est très sensible à la salinité, permettrait d'enrichir le sol en éléments minéraux pour booster la croissance de la plante et la rendre ainsi moins sensible à la salinité. Dans la zone salée, les apports de compost ou de biochar ont augmenté le nombre de talles pour les deux variétés War1 et War77 comparé aux témoins. Ces mêmes amendements ont aussi augmenté la biomasse aérienne pour les variétés War77 et Rock5 en zone salée. Les plantes des rizières amendées dans les zones salées ont été plus tolérantes à la salinité.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent sur l'honneur l'absence de tout conflit d'intérêts.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

YD a été l'investigateur principal et a réalisé les travaux de terrain. YD, AOKG, SD et YPS ont contribué à la rédaction du protocole, à l'acquisition, à l'analyse, à l'interprétation des données et à la rédaction du manuscrit. SD, MDD et IN ont contribué à la conception et supervision des travaux, à la révision du protocole et du manuscrit.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient Monsieur Landing BADJI pour avoir mis à notre disposition des parcelles expérimentales.

REFERENCES

- Andrianjatovo RH. 2012. Effet de la densité des semences de riz sur le développement des plants et sur le rendement : Cas des hautes terres. Mémoire d'ingénieur Agronome. Université d'Antananarivo, Madagascar, p. 74.
- Andriankaja A. 2001. Mise en évidence des opportunités de développement de la riziculture par adoption du SRI, et évaluation de la fixation biologique de l'azote: cas des rizières des hautes terres. Mémoire de fin d'étude, Université d'Antananarivo, Madagascar, p. 50.
- Bonaventure LN. 2016. Potentiel d'amélioration de la fertilité des sols sableux et acides de Kinshasa (RDC) par l'usage du charbon des bois (biochar), de la biomasse végétale et des engrais minéraux. Thèse Doctorat, Université de Liège, Belgique, p. 243.
- Diallo M D, Ndiaye O, Saleh M M, Tine A, Diop A, Guisse A. 2015a. Etude comparative de la salinité de l'eau et des sols dans la zone nord des niayes (Sénégal). *African Crop Science Journal*, **23**(2): 101-111.
- Diallo MD, Ndiaye O, Diallo A, Mahamat-Saleh M, Bassène C, Wood S, Diop A, Guissé A. 2015b. Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la diversité floristique des herbacées dans la zone du Ferlo (Senegal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **9**(2): 803-814. DOI: 10.4314/ijbcs.v9i2.20.
- Diaw-Sow NdT, Samb PI. 2007. Comportement agromorphologique en milieu réel de lignées de riz *oryza sativa* L., sélectionnées in vitro pour leur résistance au sel. *Journal des Sciences et Technologies*, **5**(2): 21– 30.

- El Hansali M, Harzallah H, Zid E, Chalbi N. 1993. Etude comparative de trois lignées de piment (*Capsicum annuum* L.) et des haploïdes doublés issus de leur croisement. La tolérance au stress salin. In *Le Progrès Génétique Passe-t-il par le Repérage et L'inventaire des Gènes*, Demarly Y, Chly ah H (eds.). AUPELF-UREF, John Libbey Eurotext: Paris; 249-259.
- Faye ON. 2016. Sélection de variété de riz pour la tolérance à la salinité – mécanismes agronomiques et physiologiques développés, Mémoire de thèse, Université de Thies, Thies, p. 135.
- Kémassi S. 2011. Etude de l'effet des fertilisants organiques sur l'amélioration de la nutrition minérale de la pomme de terre (variété spunta) sous les conditions salines des régions sahariennes (cas de la région de Ouargla). Mémoire de fin d'étude, Université Kasdi Merbah-Ouargla, Algérie, p. 107.
- Labo AD, Sané S, Ngom D, Akpo LE. 2016. Effet du sel sur le comportement des jeunes plants de palmier à huile (*Elaeis guineensis* Jacq.) en Basse Casamance. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **10**(3): 1312-1328. DOI: 10.4314/ijbcs.v10i3.32.
- Lacharme M. 2001. Le plant de riz: Données morphologiques et cycle de la plante. Mémento Technique de Riziculture, 22p. https://crrmc.ilemi.net/IMG/pdf/2-Plant_de_riz.pdf.
- Lahouel H. 2014. Contribution à l'étude de l'influence de la salinité sur le rendement des céréales (cas de l'orge) dans la région de Hemadna à Relizane. Mémoire de Master, Université d'Abou Bakr Belkaïd, Algérie, p. 104.
- Ly MO, Kumar D, Diouf M, Nautiyal S, Diop T. 2014. Effet de la salinité sur la croissance et la production de biomasse de deux provenances de *Jatropha curcas* L. cultivés en serre. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(1): 46-56. DOI: 10.4314/ijbcs.v8i1.5.
- Manga A, Ndiaye F, Diop TA. 2017. Le champignon arbusculaire *Glomus aggregatum* améliore la nutrition minérale de *Acacia seyal* soumis au stress salin progressif. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **11**(5): 2352-2365. DOI: 10.4314/ijbcs.v11i5.32.
- Miller MT, M Duvall, Sohi SP. 2013. Les interactions biochar-racine dépendent du contenu en éléments nutritifs du biochar et ont un impact sur la disponibilité en éléments nutritifs du sol. *Journal Européen de la Science des Sols*, p 13.
- Mohamdi MO, Bouya D, Salem AOM. 2011. Etude de l'effet du stress salin (NaCl) chez deux variétés de tomate (Campbell 33 et Mongal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **5**(3): 860-900. DOI: 10.4314/ijbcs.v5i3.72171.
- Mulaji C. 2011. Utilisation des composts de bios déchets ménagers pour l'amélioration de la fertilité des sols acides de la province de Kinshasa (RDC). Thèse de doctorat, Université de Liège, Belgique, p. 219.
- Munns R, James RA, Lauchli A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, **57**(5): 1025-1043. DOI: 10.1093/jxb/erj100.
- Ndaw O, Gueye T, Dieng A. 2017. Effet de la salinité sur différentes variétés de riz durant leur phase végétative. *Afrique Science*, **13**(1): 101-117.
- Ndiaye M. 1987. Fertilité et fertilisation des sols de rizières dans la vallée du fleuve Sénégal. ISRA DRPV, St Louis, Sénégal.
- Ouedraogo S. 2010. Effet à long terme du travail du sol et des amendements organiques sur le rendement du sorgho et de la dynamique du phosphore sur un sol ferrugineux tropical lessivé du Burkina

- Faso, Mémoire de master, Université polytechnique de Bobo Dioulasso, Bourkina faso, p. 64.
- PRACAS. 2014. volet agricole du plan Sénégal émergent PSE document principal ,108p.
extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/sen145874
- Sagna P. 2005. Dynamique du climat et son évolution récente dans la partie ouest de l'Afrique occidentale. Thèse de doctorat d'Etat ES Lettre, Université Cheikh Anta Diop, Senegal, p. 790.
- Saidou A, Gnakpenou KD, Balogoun I, Hounnahin SR, Kindomihou MV. 2014. Effet de l'urée et du NPK perlés et super granulés sur la productivité des variétés de riz IR841 et NERICA-L14 au Sud-Bénin. *Journal of Applied Biosciences*, **77**: 6575 - 6589.
- Toundou O, Toz K, Feuillade G, pallier V, Tcheguëni S, Dossou K SS. 2014. Effets de composts de déchets sur les propriétés chimiques du sol et la solubilité d'éléments minéraux sous deux régimes hydriques en conditions contrôlées au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **8**(4): 1917-1926. DOI: 10.4314/ijbcs.v8i4.51.
- Weil R, Brady NC. 2007. *The Nature and Properties of Soils* (14th edn). Prentice Hall.