



Effet combiné de la litière foliaire de *Faidherbia albida* (Del) A. Chev et du fumier sur la composition physico-chimique des sols, la croissance et le rendement du Riz (*Oryza sativa* L.) en Basse Casamance au Sénégal

Boubacar CAMARA^{1*} Maurice DASYLVA², Ndeye Moussou DIOUF¹, Ndeye Aminata KANE¹, Mamadou Abdoul Ader DIEDHIOU³ et Daouda NGOM⁴

¹Université Assane SECK. Laboratoire d'Agroforesterie et d'Écologie (LAFE). Département d'Agroforesterie. UFR Sciences et Technologies. BP 523 Ziguinchor (Sénégal)

²Université Amadou Mahtar MBOW de Dakar. École Supérieure des Sciences agricoles et de l'Alimentation

³Institut Supérieur d'Enseignement Professionnel de Bignona. BP 60 Bignona (Sénégal)

⁴Université Cheikh Anta DIOP. Département de Biologie Végétale. BP 5005 Dakar-Fann (Sénégal)

Submission 18th August 2023. Published online at <https://www.m.elewa.org/Journals/> on 31st October 2023. <https://doi.org/10.35759/JABs.190.4>

RÉSUMÉ

Objectif : Au Sénégal, la dégradation, la salinisation et l'infertilité des rizières deviennent de plus en plus alarmante. Cette situation est due à l'effet conjugué de l'utilisation excessive des engrais minéraux, au déboisement et aux dérèglements climatiques. Cette étude est une contribution à l'amélioration de la productivité du riz par l'introduction de la litière foliaire de *Faidherbia albida* et l'utilisation du fumier comme fertilisants.

Méthodes et résultats : Elle a été réalisée sur la base d'un dispositif expérimental en bloc de Fisher sur une parcelle de 56 m². L'essai a porté sur 5 traitements (Témoin, NPK+Urée, litière de *Faidherbia albida* + fumure organique, litière foliaire de *Faidherbia*, fumure organique) répétés 3 fois. Les paramètres physicochimiques des sols et ceux composites des rendements du riz ont été étudiés. L'analyse des variances associée au test de Student Newman Keuls au seuil de 5 % a permis de montrer un ressenti sur la croissance et le rendement beaucoup plus élevé du côté du traitement NPK+Urée (3,18 t/ha). La litière de *Faidherbia albida* + fumure organique a aussi permis une amélioration significative du rendement et des valeurs des biomasses ($p < 0,05$). Le témoin est le traitement qui a donné les résultats les moins satisfaisants de l'étude.

Conclusion et application des résultats : L'étude a montré que l'apport de la litière foliaire de *Faidherbia albida* combinée au fumier ont permis un meilleur développement des paramètres agro-morphologiques, une amélioration du rendement en grain et une amélioration des biomasses aériennes et racinaires du riz. Dans l'optique de favoriser une plus grande disponibilité en éléments nutritifs en riziculture, l'apport de la litière foliaire de *Faidherbia albida* combinée au fumier est une alternative à l'utilisation unique des engrais minéraux dans la mesure où ces fertilisants organiques sont des ressources avec un coût économique moins important.

Mots clés : Riz, *Faidherbia albida*, fertilisation, productivité.

ABSTRACT

Objective: In Senegal, the degradation of rice fields is becoming more and more alarming. This situation is mainly due, among other things, to excessive use of mineral fertilizers, deforestation and poor climatic conditions. This phenomenon is exacerbated by salinization, which renders much of the land infertile. Our study was conducted to contribute to the improvement of rice productivity through the introduction of *Faidherbia albida* leaf litter and the use of manure as fertilizer in rice fields.

Methodology and results: To this end, a trial was conducted on a 56 m² plot in which a Fisher block design was used. The trial involved 5 treatments repeated 3 times. As a result, the influences of organic amendments (*Faidherbia albida* leaf litter; manure and *Faidherbia albida* leaf litter + manure), mineral fertilizers (NPK+Urea) and the control (no fertilization) on the physico-chemical parameters of the soil, the agro-morphological parameters of the rice, the grain yield, the weight of the above-ground and root biomass, and the weight of 1000 grains were studied. Analysis of variance and separation of means by Student Newman Keuls test at the 5% threshold showed a much higher growth and yield effect for the NPK+Urea treatment (3.18 t/ha). The *Faidherbia albida* litter + organic manure also significantly improved yield and biomass values ($p < 0.05$). The control was the least successful treatment in the study. No significant difference was noted for the mass of 1000 grains ($P > 0.05$) between the different treatments.

Conclusion and application of results: The results obtained showed that the addition of *Faidherbia albida* leaf litter combined with manure resulted in better development of agro-morphological parameters, improved grain yield and improved above-ground and root biomass of rice. In order to promote greater availability of nutrients in a rice-based cropping system, the use of *Faidherbia albida* leaf litter combined with manure is an alternative to the sole use of mineral fertilizers, as these organic fertilizers are resources with a lower economic cost than mineral fertilizers.

Key words: Rice field degradation, *Faidherbia albida*, fertilization, productivity, rice

INTRODUCTION

Le véritable mal de l'agriculture sénégalaise reste principalement, la perte prononcée de fertilité des sols. En effet sur les 3 805 000 ha de terres arables dont dispose le pays, 2 400 000 ha sont fortement dégradés soit 63 %. (CILLS, 2015). Dans ce contexte, les rizières du Sénégal sont aussi confrontées à ces problèmes d'appauvrissement des terres. Cela est lié entre autres à l'utilisation des engrais minéraux, à certaines pratiques culturales, au déboisement, sans oublier les variabilités pluviométriques (Ndiaye, 2015). Ce manque de rationalité dans l'utilisation de ces engrais est conditionné par une démographie sans cesse croissante impliquant une augmentation des besoins en produit agricole donc une plus forte pression sur les ressources naturelles. De surcroît, les effets néfastes des changements climatiques ont conduit à une accentuation de

la dégradation des terres. Les effets conjugués de ces problèmes ont eu comme conséquences, d'importantes pertes de terres cultivables et une baisse de rendements agricoles. Sachant que le riz est la céréale la plus consommée au Sénégal [78,1 kg/hbt/an selon Niang et al. (2017)] et que sa population risque de doubler d'ici 2043 (ANSD, 2015), abandonner ces terres même avec un rendement de plus en plus faible, entrainerait à une pénurie intense de riz. Il est donc nécessaire voire urgent d'améliorer la fertilité du sol jusqu'à la restaurer avec des pratiques agricoles durables permettant une adaptation aux changements climatiques et une augmentation de la productivité agricole des rizières. A ce sujet, l'association d'arbres fertilisateurs comme *F. albida* permettrait de relever de manière durable la fertilité des terres agricoles. Étant donné que cette espèce, au-

delà de sa fonction écologique en termes de fixation de l'azote de l'air et des sols, joue un rôle économique notamment dans la production de fourrages pour le bétail, du bois de chauffe et de fumiers organiques pour les cultures. L'objectif global de cette étude est de contribuer à l'amélioration des rendements rizicoles par la valorisation de la litière foliaire

des légumineuses comme alternative à l'utilisation des engrais minéraux. Il s'agit spécifiquement de comparer l'effet combiné de différentes matières organiques (Fumier et litière foliaire de *F. albida*.) aux engrais minéraux (N-P-K) sur la fertilité du sol, la croissance et le rendement du riz dans les conditions écologiques de la basse Casamance.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Site de l'étude : L'étude a été conduite du 16 aout 2021 au 08 janvier 2022, au niveau de la ferme agricole du département d'Agroforesterie de l'université Assane SECK de Ziguinchor. La ferme occupe une superficie

d'environ 1,3 ha et est situé au centre-ouest de la commune de Ziguinchor, entre la latitude 12°32' 54°,88 Nord et la longitude 16°16'40°,89 Ouest (Figure 1).

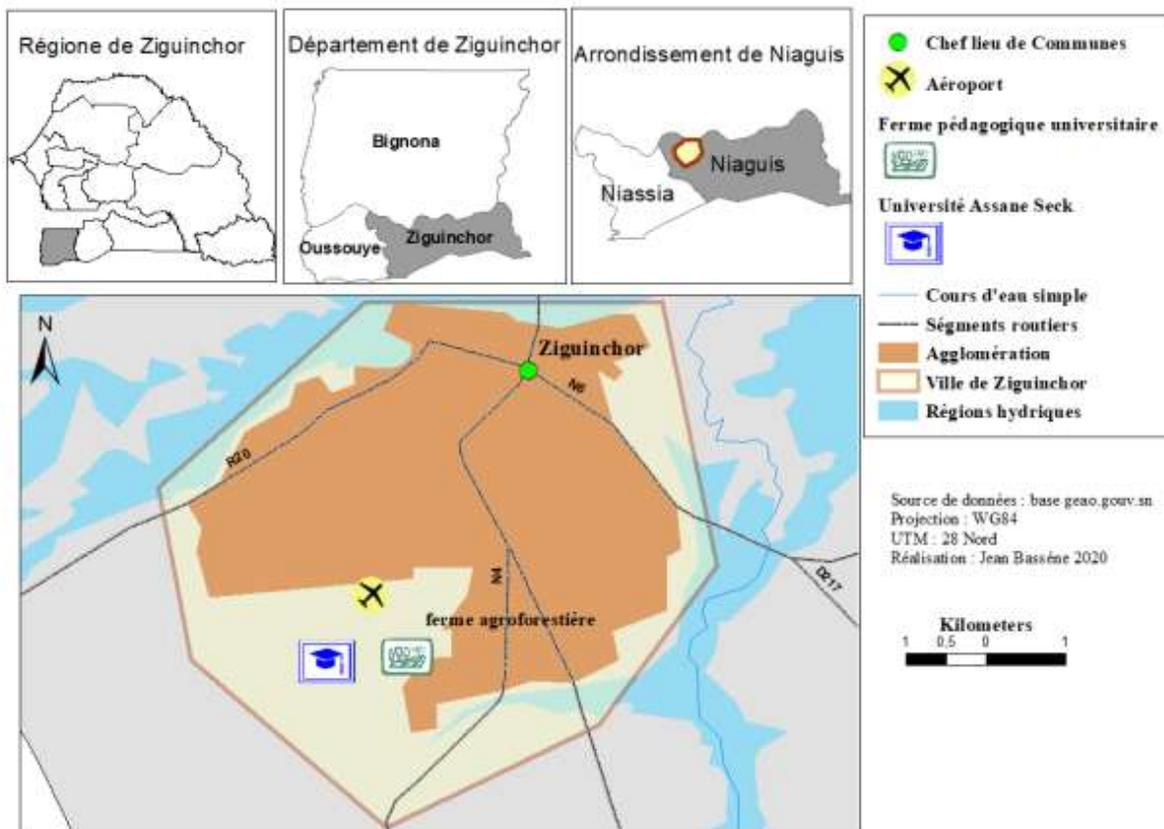


Figure 1: Carte de localisation du site d'étude (Source de données : base geao.gouv.sn.2020)

Le climat de cette zone est de type soudano-côtier sud (Sagna et al., 2016) favorisant une pluviométrie moyenne comprise entre 1300 et 1500 mm par an (Descroix et al., 2015) et une température moyenne annuelle de 27,10°

(Dasylyva et al., 2017). La région de Ziguinchor est marquée par deux saisons : une saison des pluies qui dure environ 4 mois (juillet à octobre) et une saison sèche qui s'étale sur à peu près 8 mois (de novembre à juin). Avec

une moyenne de 1300 mm entre 1991 et 2021. La figure 2, qui présentant la variabilité pluviométrique de Ziguinchor entre 1991 et 2021, met en évidence les années 1999, 2008, 2015 et 2020 comme étant celles avec les plus

fortes pluviométries (avec Plus de 1700 mm/an) et les années 1992, 2002, 2007 et 2021 comme les années les plus déficitaires (avec moins de 1300 mm/an).

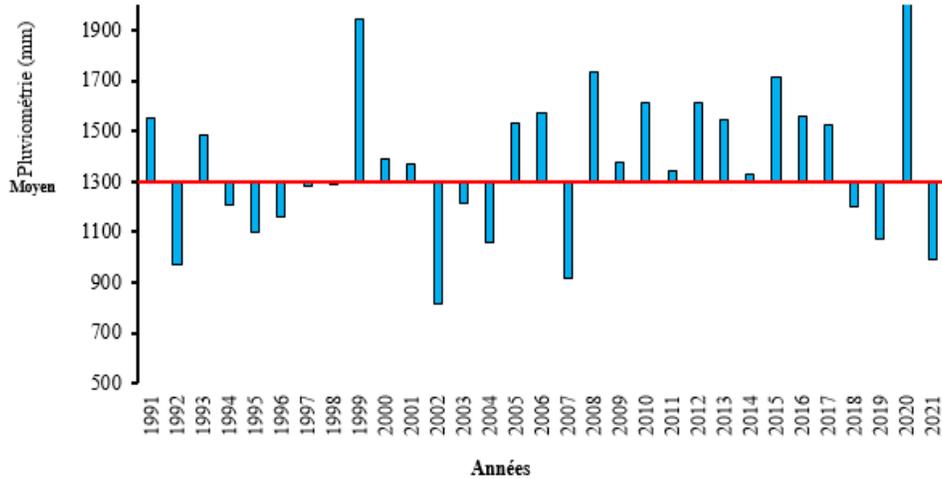


Figure 2: Variations annuelles de la pluviométrie à la station Aéroportuaire de Ziguinchor de 1991 à 2021 (Source de données: ANACIM Ziguinchor)

Matériel : Concernant le matériel physique, l'étude a été menée sur des godets en plastiques de dimensions 15 cm sur 14 cm avec

un volume de 3 litres (figure 3). De même le substrat utilisé est du sol issu des rizières d'Essyl.



Figure 3 : Godets en plastique disposés dans le champ expérimentale

Tableau 1: Fiche variétale de WAR 77 (Ministère de l’agriculture et de l’équipement rural, 2012, s.d.)

<p>Description générale Date d’homologation : 1997 Espèce : <i>Oryza sativa</i> L Groupe variétale : Indica Pedigree : IR 4595-4-1-5 /Pa fant 213 Nature génétique : lignée pure Obtenteur : WARDA Lieu de sélection : Rokupr/Sierra Leone N ° de sélection : WARR 77-3-2-2</p>	<p>Caractéristiques de la plante Port limbe paniculaire : Erigé Hauteur tige (panicule non comprise) : 145 cm Exsertion panicule : bien saillante</p> <p>Caractéristiques du grain Poids des 1000 grains : 27 gr</p>	<p>Caractéristiques agronomiques Vocation culturale : Culture de mangrove Cycle de maturité : 140 JAS Résistance aux maladies : Pyriculariose Résistance à la verse : Présente Sensibilité à l’acidité : Non Sensibilité à l’égrenage : Oui Rendement potentiel en grains : 2-3t/ha Teneur à la cuisson : Bonne</p>
--	--	--

Les types d’amendement : Litière et fumier : La litière foliaire utilisée est celle de *F. albida*. Elle est composée de feuilles et de pédoncules récoltés sur les arbres pendant la période de feuillaison de l’espèce. L’espèce est une essence forestière généralement utilisée dans les parcs agroforestiers au Sénégal pour l’amélioration de la fertilité des sols (Diallo et

al., 2008). Après prélèvement, la litière a été séchée à l’air libre pendant 1 mois, les feuilles et les épines ont été ainsi séparées pour ne conserver que les feuilles puis stockées dans un sac et mises à l’abri du soleil et de l’humidité. Le fumier utilisé est de la bouse de vache mélangée avec des crottes de mouton.

Tableau 2 : Composition biochimique de la litière foliaire de *F. albida*

Matière organique	Phénols solubles mg g-1)	Lignine	Cellulose (%)	Hémicellulose	Corg (mg g-1 MS)	N total (mg g-1 MS)	C/N
<i>Faidherbia albida</i>	7,1	21,3	19,6	11,3	428,3	20	21,4

Légende : Corg : carbone organique ; MS : Matière sèche (*Diallo et al.*, 2019)

Dispositif expérimental : Le dispositif est en bloc de Fisher. Il est constitué de trois (3) blocs, cinq (5) traitements avec trois (03) répétitions pour chaque traitement. Chaque

traitement représente une parcelle élémentaire avec six (6) godets par parcelle. Ce qui fait un total de 15 parcelles élémentaires contenant 90 godets en plastiques (Figure 3).

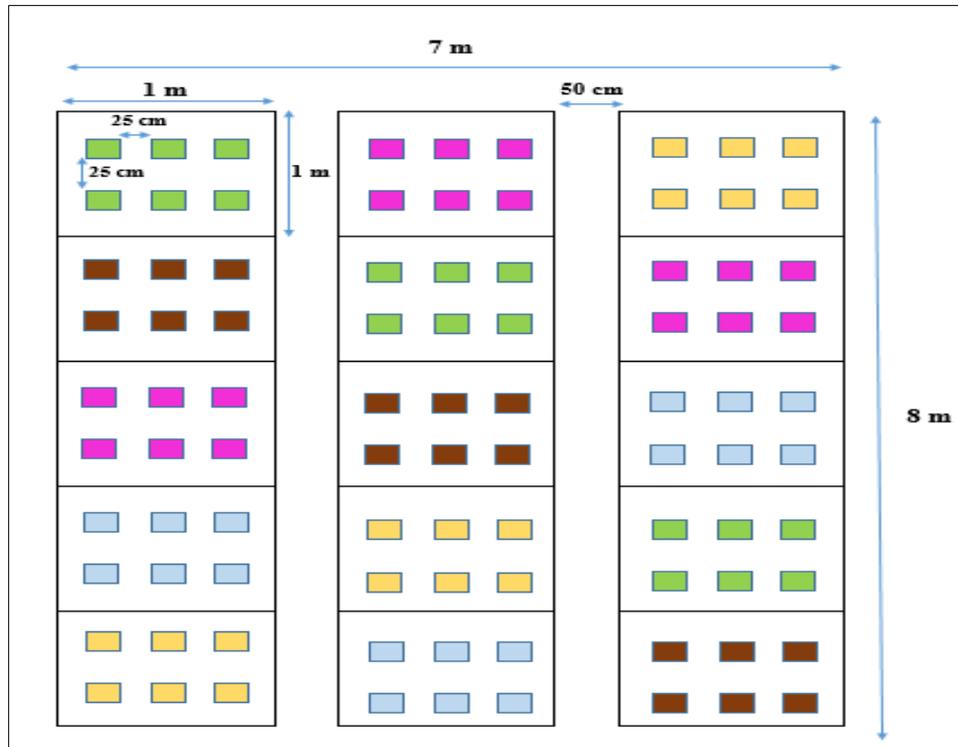


Figure 3 : Dispositif expérimental de l'étude

Légende :

- | | |
|--|---|
| T0 : Témoin | T1 : Litière de <i>Faidherbia albida</i> |
| T2 : Engrais chimique | T3 : Fumure organique ; |
| T4 : Fumure organique + litière de <i>F. albida</i> | |

Les traitements apposés avec leur dosage sont :
Témoin (sans aucune fertilisation)

Litière de *Faidherbia albida* = 200g /godet
NPK (10-10-15) = 3g/godet (Jour de repiquage)

Urée (CO (NH₂)₂) dosant à 46 % N

3 gr/godet 2 JAR

3 gr/godet 40 JAR.

1,5 gr/godet 55 JAR

Fumure organique = 1kg/godet

Litière de *F. albida* +fumure organique =200g litière de *Faidherbia albida* et 1kg de fumure organique

La distance entre les blocs est de 1m, celle entre les parcelles est de 0,5m et entre les godets de 0,25m. Le dispositif est aménagé sur une longueur de 8 m et sur une largeur de 7 m pour une surface de 56 m². La litière de *F. albida* n'a pas été fragmentée et a été directement incorporée dans les godets.

Conduite de l'essai : Les godets sont remplis avec :

2kg de sol issu des rizières pour chaque godet de T0, T1 et T2

1,5 kg de sol issu des rizières pour chaque godet de T3 et T4

Les godets pour les traitements T1, T3 et T4 ont reçu respectivement

200g de Litière de *F. albida*

1kg de Fumure organique

1kg de Fumure organique + 200g de litière de *F. albida*

Le substrat dans les godets remplis avec les amendements a été retourné tous les 5 jours pendant 1 mois pour permettre la décomposition de la litière et la fumure organique.

Au même moment, une pépinière a été mise en place avec la semence de riz sur du terreau issu du sous couvert d'un manguier. La pépinière a

duré 21 jours. Le repiquage a eu lieu le 21^{ème} jours après semis (JAS). Ainsi, dans chaque godet, 3 plants de riz ont été repiqués.

Il y'a eu démariage au 15^{ème} Jour après repiquage (JAR) (deux plants enlevés dans chaque godet). On a eu au total 270 plants pour l'ensemble des blocs. Les mensurations des paramètres de croissance ont été faites tous les 15 jours à partir du 30^{ème} JAR. L'arrosage s'est fait tous les jours le matin avant le lever du soleil et le soir après le coucher du soleil jusqu'à la fin de l'étude.

Paramètres étudiés : La première mesure est effectuée au 30^{ème} JAR pour chaque traitement et concernent les paramètres suivants :

Le nombre de talles ; le nombre de feuilles ; le diamètre au collet mesuré à l'aide d'un pied à coulisse ; la hauteur de la tige principale mesurée à l'aide ruban métrique ; L'activité photosynthétique mesurée à l'aide d'une **SPAD-502 PLUS** (un instrument qui mesure la teneur en chlorophylle directement sur les feuilles des plantes et indique les valeurs en unité SPAD. Les mesures sont instantanées sur la plante sans avoir à couper des feuilles).



Figure 4: SPAD 502-Plus

Analyse du sol : Le prélèvement des échantillons de sol est effectué à la fin de l'étude pour chaque traitement. Les échantillons ont été analysés au laboratoire. Les analyses ont porté sur le pH, la conductivité électrique, la porosité et la granulométrie. Le pH et la conductivité sont mesurés à l'aide d'un pH mètre. La mesure est effectuée en mélangeant 10 g de sol pour chaque traitement avec 25ml d'eau distillée.

La longueur des racines est mesurée à la fin de l'étude.

Les grains récoltés ainsi que les biomasses aériennes et racinaires ont été séchés à l'aide d'une étuve à une température de 70° pendant 72h.

La biomasse aérienne et racinaire sèche a été déterminée. La masse des 1000 graines a été déterminé en comptant 1000 graines pour chaque traitement et en les pesants avec une balance électronique de précision 1/1000.

Le rendement a été déterminé par la formule de Lacharme, 2001 selon laquelle :

Rendement DT= $NPI/m^2 * NPa/PI * NEp/Pa * FEC * REM * PIG$

Légende :

RDT= Rendement ; NPI/m^2 = Nombre de plants par mètre carré ; NPa/PI = Nombre de panicule par plant ; NEp/Pa = Nombre d'épillets par panicule ; FEC = Taux de fécondation ; REM = Pourcentage de graines pleines et PIG = Poids d'un grain.

NP/ha = nombre de plants/hectare = $NP/m^2 * 10\ 000$;
 NT/P = nombre de talles/pieds ;

Npa/T = nombre de panicule/talle ; NG/Pa = nombre de grains/panicules
 PG = poids d'un grain



Figure 5: Racines d'un plant de riz

Quant à la granulométrie elle a été effectuée à l'aide d'une tamiseuse à vibration en utilisant 500 g de sol pour chaque traitement pour une durée de 10 mn. La porosité est déterminée en se basant sur la densité de la phase solide et la densité du sol à l'aide de la formule de Soltner: **Ptot = 1 - (dv /d) * 100** avec Ptot: Porosité totale (en pourcentage de volume) ; dv : Densité du sol; d : Densité de la phase solide du sol (Soltner et al., 1992).



Figure 6: pH mètre



Figure 7: Tamiseuse à vibration

Analyse et traitement des données : Les données sont recueillies grâce à l’outil de collecte de données KoBoCollect, qui les codifient directement dans le tableur Excel. Les données sont traitées à l’aide du logiciel R version 4.1.2. Le test de Shapiro a permis vérifier les conditions de normalité des données et ainsi effectuer l’analyse de variance. La séparation des moyennes a été faite avec le test de Student-Newman Keuls au seuil de 5%. Ce test permet de comparer les moyennes en contrôlant le risque alpha global (Ramousse et al., 1996), c’est-à-dire les fluctuations dues aux erreurs d’échantillonnages qui peuvent induire des

différences apparentes entre les traitements alors qu’ils sont réellement identiques. Ainsi, les résultats sont considérés comme significatifs quand $P \leq 0,05$, hautement significatifs quand $P < 0,001$ et très hautement significatifs quand $P < 0,0001$. Les interactions entre les paramètres étudiés sont déterminées par l’analyse en composante principale. Le coefficient de corrélation R est interprété comme suit :

R est supérieur ou égale 0,7 : la relation est très forte ; R est compris entre 0,3 et 0,49 : la relation est modérée ; R est compris entre 0,1 et 0,29 ; la relation est faible.

RÉSULTATS

Effet des fertilisants sur le sol : IL ressort que les fertilisants n’ont pas influencé la texture des substrats. Les pourcentages pour les différents compartiments texturaux ne sont pas significativement différents ($p > 0,05$). S’agissant du pH, il varie moyennement d’un traitement à un autre. Le pH varie de l’acide faible pour tous les traitements (6,1 à 6,8) à l’exception du traitement *Faidherbia*+Fumure organique où il est neutre avec une valeur de

7,2. Les substrats étudiés ne sont pas salés dans la mesure où la teneur en salinité de l’ensemble des échantillons étudiés ne dépasse pas 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ qui est la valeur appréciée pour un sol salé. En se basant sur l’échelle de KATCHINSKI, 1956 , l’ensemble des échantillons de sols analysés ont une porosité trop basse, caractéristique des horizons illuviaux tassés car ne dépassant pas les 40 %.

Tableau 2: Récapitulatif des caractéristiques physico-chimiques du sol

	Témoin	Faidherbia	NPK+Urée	Fumier	Faidherbia+Fumier
		Granulométrie (%)			
S.grossier (> 200 μ)	2,6c	3d	2d	5,8b	11b
S.fins (50-200 μ)	85,2a	83a	77,6a	85a	77a
L.grossier (20-50 μ)	6,6b	8,4b	9b	6b	8,8c
Arg-L.Fin (0-20 μ)	5,2b	6,6c	6,6c	3,2c	5d
		Analyse chimique			
Ph	6,6ab	6,1b	6,2b	6,8a	7,2a
T. salinité (μ s/cm)	500a	140b	30d	120b	90c
		Porosité			
Porosité (%)	29,8b	32,2b	21,2c	35,2a	38,8a

Arg. : Argile ; cm : centimètre ; L : Limon ; μ : micro ; S: Sable ; % : Pourcentage

Effets des fertilisants sur les caractères agro-morphologiques du riz : Les résultats des effets des cinq traitements sur l'évolution des paramètres agro-morphologiques du riz sont présentés dans les tableaux et graphiques ci-dessous.

Effets des fertilisants sur l'évolution du nombre de talles et du nombre de feuilles : Il ressort de l'analyse du tableau 4 qu'à 30 JAR les traitements sont statistiquement très différents ($p=0,009$) pour le nombre de talles. A partir du 45^{ème} JAR, les mêmes tendances sont observées ; tous les fertilisants sont meilleurs par rapport au témoin. Au 60^{ème} et 75^{ème} JAR des différences beaucoup plus marquées sont notées ($p=0,0004$), le plus grand nombre de talles est observé à cette date avec le traitement NPK+Urée (14 talles en

moyennes). Du 30^{ème} JAR au 75^{ème} JAR il est noté que les fertilisants affectent le nombre de feuilles avec une différence statistique hautement significative à très hautement significative ($p=0,0031$ à 30 JAR et $p=0,0004$ à 45 JAR). En effet, les fertilisants organiques et minéraux ont entraîné une augmentation du nombre de feuilles par rapport au témoin. Toutefois, ces fertilisants n'ont pas été tous significativement différents les uns des autres. Tout de même, il est observé une amélioration générale du nombre de feuilles pour tous les traitements au 75^{ème} JAR, à cette date, les traitements Faidh+fum Org et NPK+Urée ont donné le plus grand nombre de feuilles soit respectivement une moyenne de 55 et 58 feuilles.

Tableau 3 : Variation du nombre moyen de talles et de feuilles en fonction du temps et de traitements

Traitements	Nombre de talles				Nombre de feuilles			
	30 JAR	45 JAR	60 JAR	75 JAR	30 JAR	45 JAR	60 JAR	75 JAR
Témoin	2,38d	3,22d	3,33d	2,94d	6,44d	8,00d	10,7d	14,44d
<i>Faidherbia</i>	4,44c	5,44c	7,28c	8,83c	10,17c	19,06c	31,61c	42,06c
NPK+Urée	7,27a	7,19b	11,73a	14,60a	15,72b	23,63b	50,00a	58,73a
Fum.Org	5,78b	8,22a	9,29b	9,00c	20,00a	31,22a	40,82b	48,18b
Faidh+Fum.Org	5,61b	8,61a	9,59b	10,59b	19,39a	31,83a	38,59b	55,07a
Probabilité	0,009	0,0049	0,0004	0,0004	0,0031	0,0004	0,0037	3,425e-06
Significativité	HS	HS	THS	THS	HS	THS	HS	THS

NT : nombre de talles ; NF: nombre de feuilles ; HS: hautement significatif ; THS: Très hautement Significatif ; JAR : jour après repiquage ; Fum.Org : Fumure organique ; Faidh : Faidherbia

Effets des fertilisants sur le diamètre au collet et la hauteur des plants : Pour le diamètre au collet, les traitements sont statistiquement différents à 30 JAR. A 45 JAR tous les traitements sont statistiquement identiques à l'exception du témoin. De plus, il est observé qu'à 60 JAR ($p=0,0041$) et 75 JAR ($0,0048$), il y a une différence statistique hautement significative. Aussi les amendements ont amélioré le diamètre moyen des plants par rapport au témoin à toutes les dates de mesures. Concernant la hauteur

moyenne des plants, il apparaît des différences très hautement significatives ($p=0,00049$) à 30 JAR, entre les différents amendements. A 45 et 60 JAR, les fertilisants ont induit un accroissement de la hauteur moyenne des plants par rapport au témoin. Toutefois, à 75 JAR il ressort que la hauteur moyenne des plants du témoin augmente (70 cm) comparé aux dates de mesure précédentes. Il est à noter que la plus grande hauteur moyenne est observée avec le traitement NPK+Urée (82,53 cm).

Tableau 4: Variation du diamètre moyen des plantes au collet et de la hauteur des plants riz en fonction du temps et suivant les traitements

Traitements	Diamètre au collet				Hauteur des plants			
	30 JAR	45 JAR	60 JAR	75 JAR	30 JAR	45 JAR	60 JAR	75 JAR
Témoin	1,38d	2,05b	2,23d	2,38c	41,20c	52,13c	57,28c	70bc
<i>Faidherbia</i>	1,89c	3,16a	3,71c	4,07b	48,47b	62,63b	64,93b	65,33c
NPK+Urée	3,54a	3,84a	5,47a	5,87a	50,07b	61,67b	73,90a	82,53a
Fum.Org	3,33ab	3,38a	4,34bc	4,50b	59,85a	67,61a	70,79a	72,8b
Faidh+Fum.Org	2,94b	3,49a	4,70b	4,79b	56,80a	64,6ab	66,60b	68bc
Probabilité	0.003	3.415^{e-06}	0,0041	0,0048	0,00049	0.0053	0.00153	0.028
Significativité	HS	THS	HS	HS	THS	HS	HS	S

HP : hauteur des plants en centimètre ; *DC* : diamètre au collet en centimètre ; *THS*: Très hautement Significatif ; *S*: Significatif ; *HS*: hautement significatif ; *JAR* : jour après repiquage ; *Fum.Org* : Fumure organique.

Taux de chlorophylle des plants de riz : A 30 JAR, l'analyse de variance met en évidence une différence significative ($p=0,04$) du taux de chlorophylle. Toutefois les traitements sont statistiquement identiques pour le taux de chlorophylle à l'exception du témoin qui a le taux de chlorophylle le plus bas (15,7 unité SPAD). Au 45^{ème} et 60^{ème} JAR des écarts sont plus marqués entre les traitements, il ressort que les traitements *Faidherbia* et NPK+Urée

présentent un taux de chlorophylle plus grand avec respectivement une moyenne de 32,3 et 33,8 unités SPAD pour *Faidherbia* et 28,7 et 35,8 unité SPAD pour NPK+Urée. A 75 JAR, le taux de chlorophylle décroît pour tous les traitements par rapport au taux observé au 60^{ème} JAR, il est aussi constaté qu'à cette date les plants amendés avec la fumure organique présentent le taux de chlorophylle le plus bas avec une moyenne de 23,1 unités SPAD.

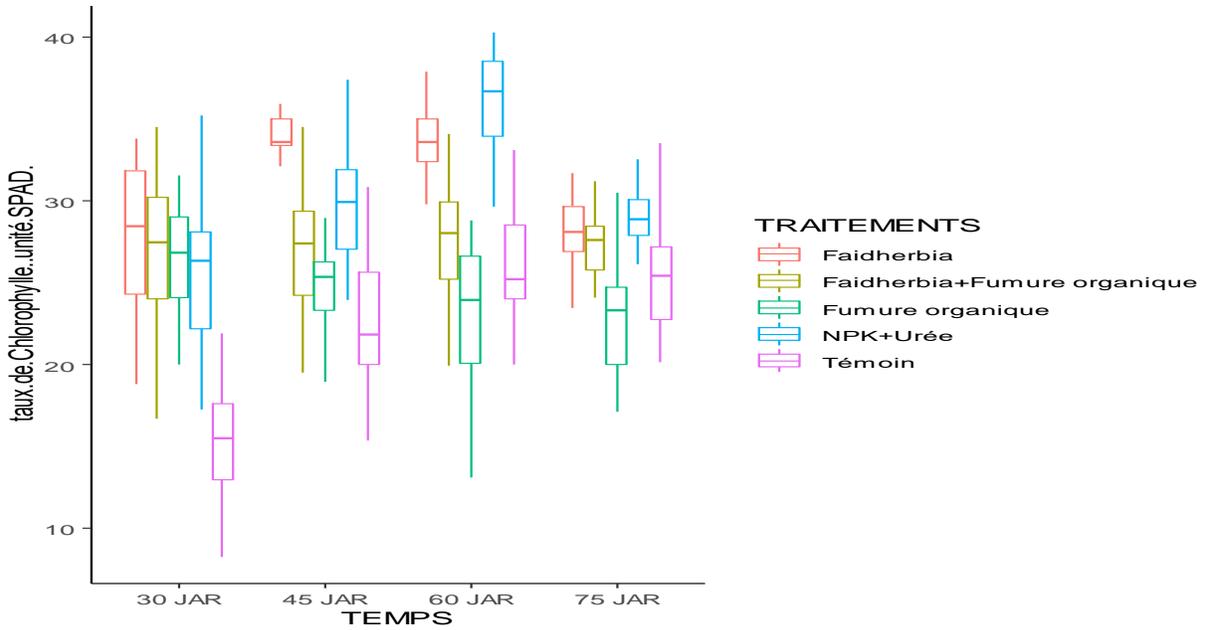


Figure 8 : Variation du taux de chlorophylle moyen des feuilles de riz en fonction du temps et suivant le traitement

Influence des traitements sur la longueur racinaire des plants de riz : L'analyse statistique montre une différence hautement significative ($p=0,0012$) de la longueur moyenne des racines des plants suivant les traitements (Figure 9). Le témoin a donné les plants avec la plus grande longueur racinaire

avec une moyenne de 28 cm. Il faut également noter que les amendements NPK+Urée et Faidh+Fum.Org ont une longueur racinaire moyenne moins importante que les autres traitements avec respectivement de 23cm et 24 cm.

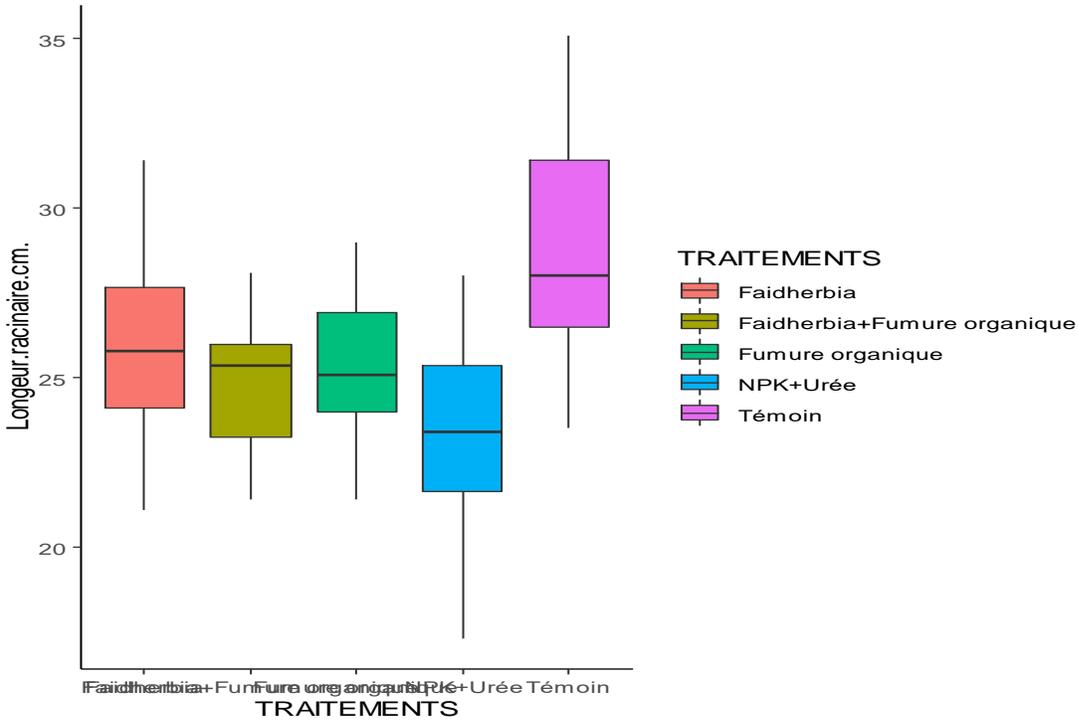


Figure 9: Variabilité de la longueur racinaire moyenne des plants en fonction des traitements

Effet des fertilisants sur les paramètres de rendement : Les paramètres de rendement pris en compte dans cette étude sont la biomasse aérienne, la biomasse racinaire, la

masse des 1000 grains et le rendement potentiel en grain. Les résultats de leur analyse statistique sont présentés dans le Tableau 6.

Tableau 3: influence des fertilisants sur la biomasse aérienne, la biomasse racinaire, la masse des 1000 grains et le rendement potentiel en grain

Traitements	Biomasse aérienne sèche (g)	Biomasse racinaire sèche(g)	Masse des 1000 graines (g)	Rendement potentiel (t/ha)
Témoin	82c	50d	27ab	0,01 ^e
Faidherbia	232b	131cd	27,05b	0,82d
NPK+Urée	380a	422a	29,5a	3,18a
Fum.org	300ab	241bc	27,84ab	1,46c
Faidh+Fum.org	324ab	353ab	27,6ab	2,04b
Probabilité	0,000187	0,000134	0,08	0,04
Significativité	THS	THS	NS	S

THS: Très hautement Significatif ; **S:** Significatif ; **NS:** Non significatif ; **JAR :** jour après repiquage ; **Fum.Org :** Fumure organique ; **Faidh :** *Faidherbia*

L'analyse statistique du Tableau 3 ou 6 montre une différence très hautement significative entre les traitements en ce qui concerne les biomasses aériennes et racinaires. Il en ressort que les traitements Faidh+fum.org (324g pour la biomasse aérienne et 352g pour la biomasse

racinaire) et NPK+Urée (380g pour la biomasse aérienne et 422g pour la biomasse racinaire) ont entraîné une augmentation des biomasses aériennes et racinaires. Il est aussi observé que les biomasses aériennes ont une plus grande valeur numérique pour l'ensemble

des traitements à l'exception des traitements Faidh+fum.org et NPK+Urée qui présentent une biomasse racinaire respective de 353 et 422 g beaucoup plus élevée que leur biomasse aérienne qui est respectivement évaluée 324 et 380 g.

S'agissant du poids des 1000 grains, aucune différence significative n'a été observée entre les traitements ($p=0,08$).

Par ailleurs, il est noté une différence significative entre les traitements pour le rendement potentiel. Les plants amendés avec le NPK+Urée donnent un rendement potentiel plus élevé (3,18t/ha) par rapport aux autres traitements. Tout de même, les plants amendés avec les fertilisants organiques ont eu un rendement beaucoup plus important que le témoin.

Analyse factorielle des paramètres de croissance et de rendement : L'analyse factorielle est un moyen de condenser les données de nombreuses variables en quelques variables seulement pour simplifier la compréhension des résultats. La technique d'**analyse factorielle** utilisée dans l'étude est l'ACP (**Analyse en Composantes Principales**). Elle consiste à transformer des variables corrélées statistiquement (c'est-à-dire liées entre elles) en nouvelles variables « décorréelées » les unes des autres. Ces

nouvelles variables dites « décorréelées » sont appelées « composantes principales ».

Les paramètres de croissance et de rendement étudiés ont été synthétisés à travers une analyse en composante principale (Figure 10). Après analyse, il est à observer que le graphe des variables résume 75,2% des variables (55,1% + 20,1%). L'axe 1 (55,1% de l'inertie) est fortement corrélé avec les biomasses racinaires et aériennes ainsi que le diamètre au collet, la hauteur, le nombre de talles et de feuilles, il convient de noter aussi que la longueur racinaire est négativement corrélée à l'axe 1. Il ressort également que la longueur racinaire et le taux de chlorophylle sont fortement anticorrélées entre elles car formant quasiment un angle plat. Tandis que l'axe F2 (20,1% de l'inertie) est fortement corrélé avec la masse des 1000 grains et le rendement. Aussi, il est à noter que l'axe 2 oppose d'une part le diamètre au collet, la hauteur, le nombre de talles et de feuilles (anticorrélations avec l'axe) et d'autre part les biomasses racinaires et aériennes, la masse des 1000 grains et le rendement (corrélations positives avec l'axe). Il faut donc noter que l'axe 2 traduit l'expression d'un axe d'opposition entre les paramètres de croissance (acquis en fonction du temps) et les paramètres de rendement (acquis à la fin de l'étude).

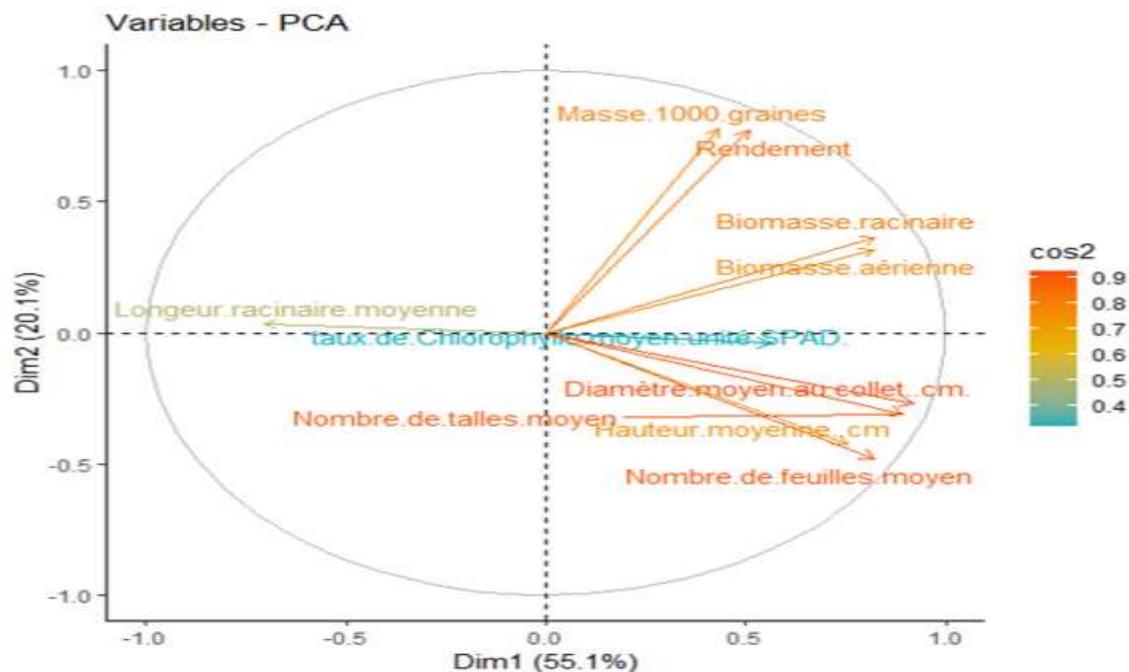


Figure 10: Cercle des corrélations des variables étudiées issus de l'ACP

DISCUSSION

L'objectif de ce travail a été d'étudier l'effet de la litière foliaire de *F. albida* sur les propriétés physico-chimiques du sol, la croissance et le rendement du riz. Des résultats issus des analyses, il convient de retenir l'impact des traitements sur les propriétés physico-chimiques du sol, l'influence des traitements sur les caractères agromorphologiques du riz ainsi sur les paramètres de rendement.

Impact des Fertilisants sur les propriétés physico-chimiques du sol : L'absence de différences significatives notée pour les propriétés physico-chimiques énonce que les traitements n'ont pas eu d'effet notable que ce soit sur la texture, la porosité de même que pour le pH et la conductivité électrique du sol. Cependant, les échantillons de sol analysés étant prélevés à la fin de l'étude, cela pourrait expliquer le peu de variations de ces paramètres.

Influence des traitements sur les caractères agromorphologiques et physiologiques du riz

Tallage, production foliaire, hauteur et diamètre des plants : L'utilisation des fertilisants a eu divers effets sur la croissance du riz. Les variabilités de la hauteur, du diamètre, du tallage, de la production foliaire observées au 30^{ème}, 45^{ème}, 60^{ème} et au 75^{ème} JAR démontre que l'usage du NPK+Urée donne de meilleurs résultats par rapport aux plants amendés avec les fertilisants organiques. Cela se justifierait par l'apport d'Urée à trois reprises durant l'étude et au fait que l'engrais minéral rend immédiatement disponible les éléments minéraux nécessaires à la croissance végétale (Nyembo et al., 2012). Les résultats de la présente étude sont en conformité avec ceux de Igue et al. (2016) qui ont démontrés l'effet significatif de l'engrais minéral sur une meilleure productivité du maïs. Toutefois, il est important de préciser que les résultats montrent d'une façon générale qu'il

y'a une augmentation significative de la croissance des plants en présence de fertilisants organiques. Cela peut s'expliquer d'une part par la disponibilité des éléments nutritifs au niveau de la fumure organique et de l'azote au niveau de la litière de *F. albida* qui peut être dû à une décomposition de la litière d'une part et à une minéralisation du fumier d'autre part. Cependant, il convient de noter que nos résultats s'opposent à ceux observés par Diallo et al. (2019) qui remarquent que la litière de *F. albida* a un effet dépressif sur le tallage, la production foliaire et la hauteur des plants de mil.

Taux de chlorophylle : La chlorophylle étant un pigment végétal responsable de la coloration verte des plantes. Elle est utilisée comme indicateur de la bonne assimilation et de la remobilisation des nutriments de la plante en fin de cycle et est une des principales signatures de l'état physiologique des plantes (Bouzidi, 2019). Les plants amendés avec la litière de *F. albida* présentent les valeurs SPAD les plus élevées. Cela s'expliquerait par le fait que la litière de *Faidherbia* est riche en azote, ceci implique que la matière organique apportée joue non seulement un rôle amendant pour le sol, mais permet également une libération d'azote qui peut être disponible directement pour la plante (Akanza et Sanogo, 2017). De même les plants ayant reçu le NPK+Urée aussi ont des valeurs SPAD élevées, cela est dû au fait que le NPK et l'urée sont riches en azote qui est immédiatement disponible pour la plante. Ces résultats sont en concordance avec ceux de (Zhang et al., 1997) qui ont montré que la fertilisation azotée stimule la synthèse de la chlorophylle. Toutefois, l'apport du fumier seul sur les plants a présenté les valeurs SPAD les plus faibles. Cela s'explique par le fait que, le fumier recycle une partie de l'azote de l'alimentation du troupeau prélevée sur les récoltes. En ce sens il n'apporte rien de nouveau. Si aucun azote « neuf » n'est introduit quelque part dans le cycle de production, des pertes inévitables

(volatilisation, dénitrification, lessivage) mèneront à moyen terme obligatoirement à un déficit en N (Petit et Jobin, 2005). Le déficit en azote entraîne dès lors une baisse du taux de chlorophylle justifiant ainsi les valeurs observées. Toutefois, il est à noter que la chute du taux de chlorophylle en fin de cycle pour l'ensemble des plantes est dû au fait que les poacées en fin de cycle ne puissent plus l'élément azote car ne l'utilisant pas.

La longueur racinaire : S'agissant de longueur racinaire, le témoin a présenté les plants avec les plus grandes valeurs contrairement aux plants ayant reçu NPK+Urée et Faidh+fum.org. Sachant que l'augmentation de la longueur racinaire est une des réponses des espèces végétales face à un stress hydrique ou à un manque de nutriments (Dione et al., 2002), cela expliquerait le fait que le témoin qui n'a reçu aucun amendement a un sol pauvre en éléments nutritifs et est potentiellement carencé en nutriments. IL apporte donc comme réponse à ce stress nutritif le développement de sa longueur racinaire afin d'aller chercher le plus loin possible les nutriments nécessaires à sa croissance et à son développement. Les résultats de la présente étude sont en accord avec les travaux de (Sahnoune et al., 2004; Adda et al., 2005) qui montrent que le déploiement en profondeur des racines chez le blé est à l'origine d'une meilleure tolérance au déficit hydrique et nutritifs. Ainsi, Lopes & Reynolds (2010) et Lilley & Kirkegaard (2011) ont démontré également que l'amélioration en conditions de stress hydrique et/ou nutritif est conditionnée par une dynamique de croissance en longueur des racines, au niveau des horizons profonds, plus humides en conditions de déficit hydrique. On parle alors d'hydrotropisme racinaire lorsque la croissance en longueur des racines sous un régime hydrique déficient dû à un sol pauvre et/ou très drainants. De même, Stroganov (1962) démontre que le stress induit des transformations anatomiques des racines. Dans

le même ordre d'idée, il peut être noté que les plants amendés avec les fertilisants minéraux et organiques peuvent être considérés comme disposant d'assez de nutriments dans leur substrat et donc n'ont pas besoin d'étendre leurs racines en profondeur.

Effet des fertilisants sur le rendement en grains de riz et ses paramètres : Les résultats de l'étude révèlent une influence positive des fertilisants sur les biomasses produites ainsi que sur le rendement. Le NPK+Urée est le traitement qui donne les plus grandes valeurs pour les biomasses ainsi que le rendement. Le Faidh+fum.org a aussi permis une amélioration significative du rendement et des valeurs des biomasses (aériennes et racinaires) par rapport au témoin. Cela pourrait être dû à l'amélioration des conditions du sol (humidité, capacité de rétention en eau) par la fumure organique et à sa richesse en éléments nutritifs indispensables au riz ainsi qu'à la forte teneur en azote de la litière de *F. albida*. La combinaison de la fumure organique (fumier) à la litière de *F. albida* permet donc d'acquérir à la fois une disponibilité immédiate et une disponibilité dans le temps des éléments

nutritifs. Du fait que l'azote soit l'élément fertilisant le plus important pour le riz (ADRAO, 1995) et que la litière de *F. albida* soit riche en azote, sa combinaison avec la fumure organique (fumier) augmente le rendement en grain mais aussi la quantité de biomasse aérienne et racinaire. Ces résultats sont similaires à ceux des travaux de certains auteurs (Luciens et al., 2014; Akanza et al., 2016) sur des céréales comme le maïs.

Cependant la litière de *F. albida* apportée seule n'a pas permis l'obtention d'un rendement en grain important. Cela pourrait être imputé au fait que la litière de *Faidherbia* seule ne possède pas assez d'éléments nutritifs comme le phosphore, le potassium, ... nécessaires à la floraison le développement en grains, par conséquent à l'élaboration optimale de rendement en grain du riz. En ce qui concerne la masse des 1000 grains, aucune différence significative n'est notée indépendamment de la fertilisation apportée. Comme l'a fait remarquer Andrianjatovo (2012) selon qui le poids de 1000 grains est un caractère variétal qui est difficilement influencé par les pratiques culturales.

CONCLUSION ET APPLICATION DES RESULTATS

L'étude réalisée démontre que le fumier en association avec la litière foliaire de *F. albida*, qui est riche en azote a permis un meilleur accroissement des paramètres de croissance et de rendement. Toutefois l'application de l'engrais minéral a donné les rendements les plus élevés. D'autres paramètres observés tel que l'effet des fertilisants sur la longueur racinaire et le taux de chlorophylle aussi ont permis de mieux comprendre l'effet de la litière de *F. albida* et du fumier appliqué seul

sur la physiologie et la morphologie du riz. L'étude a donc permis de trouver des pratiques efficaces pour la diminution des engrais minéraux. Les résultats obtenus sont satisfaisants du point de vue amendement organique car le fumier et la litière de *F. albida* ne sont pas contraignants à obtenir et pourraient se retrouver facilement sur le marché des fertilisants organiques. Il faudrait néanmoins divulguer ce mode d'utilisation du fumier et de la litière de *F. albida*.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Adda, A., Sahnoune, M., Kaid-Harch, M., & Merah, O. (2005). Impact of water deficit intensity on durum wheat seminal roots. *Comptes rendus biologiques*, 328(10-11), 918-927.

ADRAO. (1995). *Formation en production rizicole: Manuel du formateur, Cotonou, Bénin:Centre du riz pour l'Afrique (ADRAO)*.

- Akanza, K. P., Sanogo, S., & N'Da, H. A. (2016). Influence combinée des fumures organique et minérale sur la nutrition et le rendement du maïs : Impact sur le diagnostic des carences du sol. *Tropicultura*, 34(2).
- Akanza, P., & Sanogo, S. (2017). Effets des fumures sur la fertilité, les composantes de rendement et diagnostic des carences du sol sous culture de riz sur les ferralsols en Côte d'Ivoire. *Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie*, 43, 1-10.
- Andrianjatovo, R. H. (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*, 74.
- ANSD. (2015). Situation économique et sociale régionale. 6.
- Bouzidi, I. (2019). Comparaison entre la mesure du taux de la chlorophylle et le dosage de sa teneur par spectrophotométrie : Comparaison évolutive de la sénescence de quelques variétés de blé dur (*Triticum durum* Desf.).
- CILSS. (2015). CILSS (Comité Inter-Etats de Lutte contre la Sécheresse dans le Sahel), 2015. *Assessment study of the CILSS achievements in the field of control against desertification. Expert consultant's report*. 169p.
- Dasylyva, M., Ndour, N., Ndiaye, O., & Sambou, B. (2017). Analyse de la flore, de la végétation ligneuse et des fonctions des vallées en zone péri-urbaine post-conflit (Ziguinchor, Sénégal). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 11(1), 360-377.
- Descroix, L., Niang, A. D., Panthou, G., Bodian, A., Sane, Y., Dacosta, H., Abdou, M. M., Vandervaere, J.-P., & Quantin, G. (2015). Évolution récente de la pluviométrie en Afrique de l'Ouest à travers deux régions : La sénégambie et le bassin du Niger moyen. *Climatologie*, 12, 25-43.
- Diallo, M. D., Diaté, B., Diédhiou, P. M., Diédhiou, S., Goalbaye, T., Doelsch, E., Diop, A., & Guisse, A. (2019). Effets de l'application de différents fertilisants sur la fertilité des sols, la croissance et le rendement du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br. Dans la Commune de Gandon au Sénégal. *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture*, 2 (2) : 7-15.
- Diallo, M.-D., Chotte, J.-L., Guissé, A., & Sall, S. N. (2008). Influence de la litière foliaire de cinq espèces végétales tropicales sur la croissance du mil (*Pennisetum glaucum* (L.) R. Br.) et du maïs (*Zea mays* L.). *Sécheresse*, 19(3), 207-210.
- Dione, D., Samb, P. I., Ba, A. T., & Annerose, D. (2002). Réponse physiologique et adaptative à la sécheresse de deux variétés d'arachide (*Arachis hypogea* L.) : Croissance racinaire et absorption hydrique. *Agronomie Africaine*, 14 (3) : 153-163.
- Igue, M. A., Oga, A. C., Balogoun, I., Saidou, A., Ezui, G., Youl, S., Kpagbin, G., Mando, A., & Sogbedji, J. M. (2016). Détermination des formules d'engrais minéraux et organiques sur deux types de sols pour une meilleure productivité de maïs (*Zea mays* L.) dans la commune de Banikoara (Nord-Est Du Bénin). *European Scientific Journal*, 12, 16.
- KATCHINSKI, N. (1956). Soil structure and differential porosity. Rep. 6th Int. Congr. Soil Sci., Paris, 35-62.
- Lacharme, M. (2001). *Le plant de riz : Données morphologiques et cycle de la plante. Mémento Technique de Riziculture*, 22p.

- Lilley, J. M., & Kirkegaard, J. A. (2011). Benefits of increased soil exploration by wheat roots. *Field Crops Research*, 122(2), 118-130.
- Lopes, M. S., & Reynolds, M. P. (2010). Partitioning of assimilates to deeper roots is associated with cooler canopies and increased yield under drought in wheat. *Functional Plant Biology*, 37(2), 147-156.
- Luciens, M. K., Yannick, U. S., Dieudonné, C. M. M., Dieudonné, K. I., Yambayamba, K., Michel, M. M., & Louis, B. L. (2014). Amélioration des propriétés physiques et chimiques du sol sous l'apport combiné des biodéchets et des engrais minéraux et influence sur le comportement du maïs (*Zea mays* L. variété Unilu). *Journal of Applied Biosciences*, 74, 6121-6130.
- Ministère de l'agriculture et de l'équipement rural, 2012. (s. d.): *Catalogue officiel des espèces et variétés cultivées au Sénégal*.
- Ndiaye, M. (2015). *La dégradation des terres au Sénégal : La réponse à partir des Arbres (...)*—IED Afrique / Innovations Environnement Développement. Volume 31(n°1).
- Niang M., Seydi B, Hathié I. (2017). Étude de la consommation des céréales de base au Sénégal, Rapport USAID/FEED THE FUTURE, Livre n°3, Numéro du Contrat : AID-685-C-15-00001, 128 p.
- Nyembo, K. L., Useni, S. Y., Mpundu, M. M., Bugeme, M. D., Kasongo, L. E., & Baboy, L. L. (2012). Effets des apports des doses variées de fertilisants inorganiques (NPKS et Urée) sur le rendement et la rentabilité économique de nouvelles variétés de *Zea mays* L. à Lubumbashi, Sud-Est de la RD Congo. *Journal of applied biosciences*, 59, 4286-4296.
- Petit, J., & Jobin, P. (2005). *La fertilisation organique des cultures : Les bases*. Fédération d'agriculture biologique du Québec.
- Ramousse, R., Le Berre, M., & Le Guelte, L. (1996). Introduction aux statistiques. *Cons Dev*.
- Sagna, P., Ndiaye, O., Diop, C., Niang, A. D., & Sambou, P. C. (2016). Les variations récentes du climat constatées au Sénégal sont-elles en phase avec les descriptions données par les scénarios du GIEC? 2268-3798.
- Sahnoune, M., Adda, A., Soualem, S., Harch, M. K., & Merah, O. (2004). Early water-deficit effects on seminal roots morphology in barley. *Comptes rendus biologies*, 327(4), 389-398.
- Soltner, H., Jia, C. L., Kabius, B., Poppe, U., Swiatek, P., & Urban, K. (1992). Microstructure of heteroepitaxial YBa₂Cu₃O₇/SrTiO₃ multilayer thin films. *Physica C: Superconductivity*, 191(1-2), 1-8.
- Stroganov, B. P. (1962). Physiological basis of the salt tolerance of plants (under different types of soil salinization). *Izd. Akad. Nauk. USSR, Moscow*.
- Zhang, S., Hennessey, T. C., & Heinemann, R. A. (1997). Acclimation of loblolly pine (*Pinus taeda*) foliage to light intensity as related to leaf nitrogen availability. *Canadian Journal of Forest Research*, 27(7), 1032-1040.