

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR Sciences et Technologies

Département d'Agroforesterie

Mémoire de Master

Spécialité : Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers

Effets du mode cultural et de la fertilisation organo-minérale sur les propriétés chimiques du sol, la croissance et le rendement du riz (*Oryza sativa* L.) en sols sulfatés acides en Basse-Casamance.

Présenté par :

Barthélémy Arnold FAYE

Sous la supervision de Dr Saliou FALL, (ISRA/LRNPV), Directeur de Recherches CAMES

Encadrants :

- **Dr Abdoulaye BADIANE**, Chercheur ISRA, Chargé de recherches CAMES
- **Dr Antoine SAMBOU**, Maître-assistant UFR-ST (UASZ)

Soutenu publiquement le 14/11/2022 devant le jury composé de :

Président :	Dr Ismaila COLY	Maître de conférences CAMES	UFR-ST / UASZ
Membres :	Dr Abdoulaye SOUMARE	Assistant CAMES	UFR-ST / UASZ
	Dr Mahécor DIOUF	Chargé de recherches CAMES	ISRA/CRZ Dahra
	Dr Abdoulaye BADIANE	Chargé de Recherches CAMES	ISRA/CRA Djibélor
	Dr Antoine SAMBOU	Maître-Assistant	UFR-ST / UASZ

**Année Universitaire :
2021-2022**

Dédicaces

Ce mémoire est le fruit d'un travail de dur labeur. Il est dédié à :

- ✓ Ma famille et en particulier mes parents M. Antoine FAYE et Mme Anna CISSE de même que mon père adoptif M. Laurent TENDENG qui n'ont ménagé aucun effort pour mon éducation et mon bien-être ;
- ✓ Mes frères et sœurs ainsi que la famille BASSENE sans oublier tous mes ami(e)s spécialement mes camarades de classe, la dixième promotion d'agroforesterie ainsi que tout le personnel du département d'agroforesterie de l'Université Assane Seck de Ziguinchor (UASZ).

Une dédicace spéciale à la chorale Universitaire Saint Thomas d'Aquin où j'ai trouvé de bonnes personnes qui m'ont soutenu et accompagné depuis ma première année. Vous êtes et vous serez toujours dans mes pensées et dans mon cœur.

Remerciements

Je rends grâce à Dieu qui m'a octroyé la santé, la force, le courage, les moyens et le savoir nécessaire pour aller au bout de ce présent travail. Au terme de ma formation de master en Aménagement et Gestion des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers, je veux exprimer toute ma reconnaissance et ma gratitude à tout le personnel de l'Université Assane Seck de Ziguinchor à travers le Recteur Mamadou BADJI.

Je remercie également mes encadrants Dr Abdoulaye BADIANE et Dr Antoine SAMBOU pour avoir accepté de m'encadrer. Qu'ils trouvent ici, l'expression de ma profonde reconnaissance, mon immense gratitude et mon plus grand respect, pour leurs efforts, leurs implications, leur confiance et leurs encouragements.

Mes remerciements vont aussi à l'endroit du Chef de département Dr Djibril SARR et de tous les Enseignant-chercheurs et docteur du département d'Agroforesterie dont Pr Ngor NDOUR, Pr Mohamed Mahamoud CHARAHABIL, Pr Siré DIEDHIOU, Pr Ismaïla COLY, Dr Aly DIALLO, Dr Boubacar CAMARA, Dr Arfan GOUDIABY, Dr Joseph Saturnin DIEME, Dr Saboury NDIAYE, Dr Ramatoulaye DIALLO et Dr Abdoulaye SOUMARE pour la formation de qualité.

Je remercie infiniment le Directeur du CRA de Djibélor et tout le personnel (Chercheurs, Ouvriers, Chauffeurs, Stagiaires, Gardiens personnel administratif) pour m'avoir accueilli chez eux, fourni de bonnes conditions pour mener à bien mon travail.

Je remercie également Sini GUEYE, Mariama DIALLO, Kollé DIOP, Ismatou BA, Anifane Houtifa Sankoume MANGA, Yaya DIATTA et Khêmes Marie Odile THIOCONE.

TABLE DES MATIERES

Dédicaces	i
Remerciements	ii
Liste des sigles et abréviations	v
Liste des Figures	vi
Liste des Tableaux	vii
Résumé	viii
Abstract	ix
Introduction	1
I. Synthèse bibliographique	3
I.1 Le sol	3
I.1.1 Les propriétés chimiques d'un sol	3
I.1.2 Les propriétés biophysiques du sol	3
I.2 Généralité sur les sols en Casamance	4
I.2.1 Typologie et caractéristique des sols en Casamance	4
I.3 La riziculture en Casamance.....	5
I.4 Les systèmes de cultures en Casamance.....	6
I.4.1 Le système de culture en billon.....	6
I.4.2 Le système de culture à plat.....	6
I.5 Les contraintes de la riziculture en Casamance	6
I.5.1 Les carences des sols en Casamance.....	7
I.5.2 La toxicité ferreuse des terres	7
I.5.3 La salinisation et la salinité des terres.....	7
I.5.4 L'acidité des sols.....	7
I.6 La fertilité d'un sol	8
I.7 Amélioration de la fertilité d'un sol	8
I.7.1 Les amendements organiques	8

I.7.2	Le compost.....	9
I.7.3	La fertilisation minérale.....	9
I.7.4	La fertilisation organo-minérale.....	9
I.8	Le riz.....	9
I.8.1	Description botanique et classification.....	9
I.8.2	Les nouvelles variétés de riz.....	10
II.	Matériel et méthodes.....	11
II.1	Présentation du site d'étude.....	11
II.2	Dispositif expérimental et traitements.....	11
II.3	Conduite de la culture.....	13
II.4	Collecte des données.....	13
II.4.1	Les paramètres édaphiques.....	13
II.4.2	Mesures des paramètres agronomiques et des rendements.....	15
II.5	Traitement et analyse des données.....	16
III.	Résultats et discussion.....	17
III.1	Résultats.....	17
III.1.1	Paramètres chimiques du sol.....	17
III.1.2	Paramètres agro morphologiques.....	19
III.1.3	Relation entre les paramètres étudiés, les traitements et les modes culturaux... ..	22
III.2	Discussion.....	23
III.2.1	Les modes culturaux et les différentes doses de fertilisations organo-minérales ont-ils un effet sur les paramètres chimiques du sol ?	23
III.2.2	Les différents dose d'amendement organique et de fertilisation minérale ont il amélioré les paramètres de croissance et de rendement du riz ?.....	24
	Conclusion	26
	Références bibliographique	27

Liste des sigles et abréviations

AfricaRice : Centre du riz pour l'Afrique

ANACIM : Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie

ANCAR : Agence Nationale de Conseil Agricole et Rural

ANOVA : Analyse de la Variance

CNRF : Centre National de Recherches Forestières

CRA : Centre de Recherches Agricoles

FAO : Food and Agriculture Organisation (Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture)

ha : hectare

INP : Institut National de Pédologie

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

NPK : Azote, Phosphore et Potassium

pH : Potentiel Hydrogène

PRACAS : Programme d'Accélération de la Croissance de l'Agriculture

PROMASC : Projet Partenariat Multi-acteurs pour l'Adaptation des populations Vulnérables à la Salinisation des sols induite par le Changement Climatique au Sénégal

Kg : kilogramme

SAED : Société Nationale d'Aménagement et d'Exploitation des terres du Delta du fleuve Sénégal et des vallées du fleuve Sénégal et de la Falémé

t : tonne

UNIFA : Union des Industries de Fertilisation

Liste des Figures

Figure 1 : Carte des sols du CRA de Djibelor et localisation de la zone d'étude.	11
Figure 2 : Dispositif expérimental en split plot.	12
Figure 3 : pH-mètre de type APERA	14
Figure 4 : Conductimètre de type HANNA	15
Figure 5 : Echantillons en séchage et appareil de pesage	16
Figure 6 : Evaluation du pHeau en fonction des profondeurs et du mode cultural.....	18
Figure 7 : Evaluation du pHkcl en fonction des profondeurs et du mode cultural.	18
Figure 8 : Evolution de la conductivité électrique en fonction des profondeurs et du mode cultural.....	19
Figure 9 : Diagramme du taux de reprise des plants.	19
Figure 10 : relation entre les paramètres et les traitements apportés.....	33

Liste des Tableaux

Tableau 1 : Les différents traitements et leur composition	12
Tableau 2 : Variation du pH_{eau} , du pH_{KCl} et de la conductivité électrique avant apports des traitements et la fin de l'essai dans l'horizon 0-20.....	17
Tableau 3 : Effets des doses de fertilisation organo-minérale et du mode cultural sur le nombre de talles ; le nombre panicules et le taux d'infertilité.....	20
Tableau 4 : Effets des doses de fertilisation organo-minérale et du mode cultural sur la hauteur des plantes et sur la biomasse aérienne.	21
Tableau 5 : Effets des doses de fertilisation organo-minérale et du mode cultural sur le rendement en grains ; le poids des 1000 grains et le taux de stérilité (%) des grains.....	26

Résumé

La variabilité climatique accompagnée de la rareté des pluies ont intensifié le processus de salinisation des sols entraînant de plus en plus la perte et la dégradation des terres arables. L'apport des amendements organo-minéraux combiné à un bon mode cultural pourrait aider à lutter contre la salinisation. Ainsi, Cette étude vise à comprendre les effets des fertilisations organo-minérales combiné aux modes culturaux sur les propriétés chimiques du sol, les paramètres de croissances et le rendement du riz de mangrove à la station rizicole de Djibélor. Pour ce faire, un essai a été réalisé à l'aide d'un dispositif en split plot avec quatre répétitions. Il comporte deux facteurs que sont le mode cultural et la fertilisation organo-minérale. Le facteur mode cultural est le facteur principal avec deux modalités tels que le mode à billon et à plat. Quant au facteur fertilisation organo-minérale, il est composé de neuf modalités que sont : 0 apport (T0) ; 75 kg d'urée/ha + 100 kg de triple/ha 15 (T1) ; 150 kg d'urée/ha + 200kg de triple 15/ha (T2) ; 5 t/ha Compost (T3) ; 5t/ha Compost + 75 kg d'urée/ha + 100 kg de triple 15/ha (T4) ; 5 t/ha Compost + 150kg d'urée/ha + 200 kg de triple 15/ha (T5) ; 7,5 t/ha Compost (T6) ; 7,5 t/ha Compost + 75kg d'urée/ha + 100kg de triple 15/ha (T7) et 7,5 t/ha Compost + 150kg d'urée/ha + 200kg de triple 15/ha (T8). Les résultats ont permis de montrer que le traitement avec 7,5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée + 200kg/ha de triple 15 (T8) a réduit plus l'acidité du sol. L'effet des traitements sur le pH du sol a été plus marqué dans le mode cultural à billon avec les traitements T6 et T8. La conductivité électrique varie de 1,40 à 2,10 dS / m en plat et de 1,48 à 1,91 dS / m en billon sur l'horizon 20 – 40 alors qu'elle augmente jusqu'à atteindre 3 dS / m dans les couches les plus profondes. Pour les paramètres de croissances l'analyse a permis de montrer que ce sont les doses de fertilisation minéral seul ou parfois combiné au compost qui donne les meilleurs résultats sur les deux modes culturaux avec principalement les traitements T1, T2, T4, T5, T7 et T8. Les paramètres de rendement sont plus influencés par l'effet du compost au niveau de chaque mode cultural avec principalement les traitements T3, T5, T6, T7 et T8. Enfin les différentes analyses montrent que pour tous les paramètres de croissance et de rendements les meilleurs résultats sont observés avec le mode cultural à billon.

Mots clés : Riz, performance, rendement, mode cultural, fertilisation, salinité, acidité.

Abstract

Climatic variability accompanied by scarcity of rainfall has intensified the process of soil salinization, increasingly leading to the loss and degradation of arable land. The contribution of organo-mineral amendments combined with a good cultivation method could help to fight against salinization. Thus, this study aims to understand the effects of organo-mineral fertilizations combined with cultivation methods on the chemical properties of the soil, the growth parameters and the yield of mangrove rice at the rice-growing station of Djibélor. To do this, a test was carried out using a split plot device with four repetitions. It comprises two factors which are the farming method and the organo-mineral fertilization. The cropping mode factor is composed of two levels such as ridge and flat mode. As for the organo-mineral fertilization factor, it is made up of nine treatments such as: 0 intake (T0); 75 kg/ha of urea + 100 kg/ha of triple 15 (T1); 150 kg/ha of urea + 200 kg/ha of triple 15 (T2); 5 t/ha Compost (T3); 5t/ha Compost + 75 kg/ha of urea + 100 kg/ha of triple 15 (T4); 5 t/ha Compost + 150kg/ha of urea + 200 kg/ha of triple 15 (T5); 7.5 t/ha Compost (T6); 7.5 t/ha Compost + 75kg/ha of urea + 100kg/ha of triple 15 (T7) and 7.5 t/ha Compost + 150kg/ha of urea + 200kg/ha of triple 15 (T8). The results showed that the T8 treatment reduced the acidity of the soil more. The effect of the treatments on the soil pH was more marked in the ridge cultivation mode with the T6 and T8 treatments. The electrical conductivity varies from 1.40 to 2.10 dS/m in flat and from 1.48 to 1.91 dS/m in ridge over the horizon 20 – 40 while it increases until it reaches 3 dS/ m in the deepest layers. For the growth parameters, the analysis has shown that it is the doses of mineral fertilization alone or sometimes combined with compost that gives the best results on the two cultivation methods with mainly the treatments T1, T2, T4, T5, T7 and T8. The yield parameters are more influenced by the effect of the compost at the level of each cultural mode with mainly the treatments T3, T6, T5, T7 and T8. Finally, the various analyzes show that for all the growth and yield parameters, the best results are observed with the ridge cultivation method.

Keywords: Rice, performance, yield, cultivation method, fertilization, salinity, acidity.

Introduction

Le riz (*Oryza sativa* L.) est une céréale bien prisée dans le monde plus particulièrement en Afrique. Sa consommation dans le continent a augmenté de 16 à 29 millions de tonnes entre 2000 et 2012 et de 12 à 24 millions de tonnes en Afrique subsaharienne (Seck et al., 2013). Au Sénégal, le riz fait partie des céréales les plus consommées. La consommation par habitant est estimée à 87,6 kg/an (Niang et al., 2017). Malgré son importance dans la vie des populations, la production de riz est confrontée à plusieurs contraintes dont la plus remarquable est la salinité. La salinisation des terres est un problème majeur à l'échelle du globe. Elle affecte au moins 400 millions d'hectares de terre et en menace gravement une surface équivalente (Legros, 2009). Les sols salés sont principalement situés dans les zones à climat aride de l'Afrique (Marlet et Job, 2006), ou environ 38 millions d'hectares de terre, soit 2% de la superficie du continent sont affectés par le sel. Le problème s'est signalé au Sénégal dans les années 1920 suite à la détérioration des conditions climatiques (Leborgne, 1988). En 2008, les travaux menés par l'INP estiment que la superficie des terres salées dans le pays est près de 1 000 000 ha (INP, 2008). Le phénomène de salinisation associé à l'acidification engendre une baisse de la productivité des terres cultivables, jusqu'à l'abandon des champs et menace plus de 50% des terres cultivables au Sénégal (Promasc, 2012). Elle touche pratiquement toutes les régions en particulier le Sine Saloum, le Delta du fleuve Sénégal et surtout les bassins des fleuves Casamance (Isra, 2012). Selon l'INP, (2008) plus du 1/3 des terres affectées par la salinisation au Sénégal sont rencontrées en Casamance (environ 600 000 ha).

Face à cette situation, plusieurs méthodes ou stratégies de lutte ont été mises au point par les chercheurs et adoptées par les producteurs. La construction de digues et de barrages anti sel pour mieux freiner l'incursion des eaux de mer constitue une forme de lutte mécanique. Pour la lutte chimique, des programmes ont procédé à l'introduction et à l'épandage du phosphogypse (déchets industriels riches en CaO). Sur le plan de la lutte biologique, beaucoup de variétés de riz tolérant à un seuil ont été développées par la recherche notamment la Warr 77, la Warr 1, la Rock 5, et ISRIZ 10.

Certains acteurs utilisent les amendements organiques sous forme de compost comme solution de lutte contre la salinité et le maintien de la fertilité des terres. C'est pourquoi il serait important de combiner le compost à des additifs minéraux sous un mode cultural adapté. Certains auteurs estiment que l'ajout d'additifs minéraux agit sur les propriétés du compost pour libérer les éléments nutritifs nécessaires à la plante (Joliet, 1994 ; Lompo et al., 2009; Gabhane et al., 2012).

Ainsi une recherche de solutions pour atténuer les effets de la salinisation sur les terres rizicoles en Casamance et accroître les rendements est nécessaire.

L'objectif de cette étude est de contribuer à l'amélioration de la productivité du riz en s'appuyant sur des pratiques de fertilisations organo-minérales. Il s'agit spécifiquement d'évaluer les effets des modes culturaux lorsqu'ils sont combinés à des doses de fertilisation organo-minérale sur les propriétés chimiques du sol, la croissance et le rendement du riz.

Le présent mémoire s'articule autour de trois chapitres. Le premier est consacré à la revue bibliographique. Le second présente le matériel et les méthodes utilisés et le troisième chapitre présente les résultats obtenus et leur discussion.

I. Synthèse bibliographique

I.1 Le sol

I.1.1 Les propriétés chimiques d'un sol

Plusieurs caractéristiques permettent de définir un sol vis-à-vis de ses propriétés chimiques parmi lesquelles : le pH et le complexe argilo-humique.

○ Le pH d'un sol

Le pH d'un sol est déterminé par les différents ions et cations (SO_4^{2-} , NO_3^- , CO_3^{2-} , Cl^- , H^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , etc.) qui colonisent le milieu. Ces derniers déterminent le degré d'acidité ou d'alcalinité d'un sol (De Wouters et Lorent, 2002). La diversité biologique de même que la disponibilité en nutriment d'un milieu est très dépendant du pH.

Pour connaître le pH d'un milieu on détermine d'une part le pH_{eau} qui mesure l'acidité de la solution du sol. Celui-ci donne une idée sur les ions H^+ libres contenus dans la solution du sol et non fixés en ce moment. D'autre part on détermine le pH_{KCl} qui renseigne sur la concentration en ions H^+ de la solution du sol et des complexes argilo-humiques. Sa mesure informe sur la capacité d'échange du sol. Le pH_{KCl} est toujours plus bas (acide) que le pH_{eau} (De Wouters et Lorent, 2002).

○ Le complexe argilo-humique

L'ensemble des colloïdes minéraux et organiques doués du pouvoir adsorbant forme le complexe argilo-humique. Ce complexe présente des charges négatives susceptibles de retenir et de fixer des éléments nutritifs, des cations ou des anions provenant de la solution du sol, sous forme dite échangeables (Baize, 2000). Les propriétés absorbantes de ce complexe sont agronomiquement intéressantes, car seuls ces complexes sont capables de fixer dans le sol des cations qui sont des nutriments pour les plantes.

I.1.2 Les propriétés biophysiques du sol

Les transformations qui affectent la MO des sols sont essentiellement dues aux activités biologiques que sont : la minéralisation (primaire et secondaire) et l'humification (Manga, 2019). L'intensité de ces processus de transformation de la matière organique est liée aux activités des microorganismes vivant du sol (Manga, 2019). Les caractéristiques intrinsèques

des matières organiques sont un des principaux aspects déterminants de leur minéralisation (Parnaudeau, 2005). Plus les molécules organiques sont complexes, plus la biodégradabilité diminue et plus la durée de décomposition sera longue (Mustin, 1987).

Le fonctionnement des écosystèmes terrestres dépend fortement de leur biodiversité. En effet, Les organismes du sol sont responsables, directement ou indirectement, de nombreuses fonctions clés du fonctionnement du sol. Celles-ci incluent d'une part la décomposition des résidus animaux et végétaux de même que la transformation et le stockage des nutriments. D'autre part, les échanges gazeux et hydriques, la formation et la stabilisation de la structure du sol et enfin la synthèse des composés humiques (Dick, 1992).

I.2 Généralité sur les sols en Casamance

La grande majorité des sols de la Casamance sont développés sur la nappe de recouvrement sableux qui a envahi presque tout le Sénégal (Ndione, 2020). Les conditions de submersion et la salure de la nappe sont les deux facteurs essentiels de différenciation des sols et des groupements végétaux en Casamance (Badiane, 2017). Ces sols se distinguent par une durée d'inondation de plus en plus brève, induisant des transformations géochimiques importantes lorsque l'on passe d'un milieu réducteur à un milieu oxydant. En résumé, les terres deviennent plus acides et salées.

I.2.1 Typologie et caractéristique des sols en Casamance

De façon classique, les sols sont répartis en chrono séquence depuis le marigot vers la bordure de plateau (Loyer et *al*, 1986).

- Sur le plateau, deux types y sont distingués de nature argilo-sableuse.

D'une part, les sols rouges ferrallitiques qui sont pauvres en matières organiques, bien drainés, acides, très pauvres en éléments nutritifs et en bases échangeables (Badiane, 2017). Ils sont couverts soit par des forêts soit essentiellement exploités en culture pluviale (arachide, niébé, mil, sorgho, maïs...) après un défrichage de la forêt.

D'autre part, les sols ferrugineux tropicaux beiges lessivés, localisés dans les parties centrales mal drainées du plateau. Ils diffèrent des sols rouges par la présence d'un horizon d'accumulation d'argile qui leur confère une capacité de rétention en eau utile plus importante (Ndione, 2020).

- Sur les pentes et les versants des plateaux :

Les sols hydromorphes de transition (sols gris) y sont distingués. Ils sont bien représentés en Moyenne Casamance. Ces sols sont utilisés pour la riziculture de nappe, l'arboriculture fruitière et le maraîchage.

- En amont des vallées secondaires :

Les sols hydromorphes des zones basses y sont localisés. Ils sont souvent exempts de salinité et sont propices au développement de la riziculture et du maraichage (Posner et *al.*, 1988).

- En bordure des talwegs, des bolongs et du fleuve, s'observe une zone sableuse (sols gris de nappe) :

Ces sols halomorphes sont représentés par des sols de mangroves et de tannes «Sols Sulfatés Acides». Ils sont assez hétérogènes le long du fleuve Casamance et de ses affluents. Des problèmes d'acidité actuelle ou potentielle excessive avec leur corollaire de toxicité (fer, alumine, sel, etc...) y sont notés (Badiane, 2017). Dans les bas-fonds des talwegs, la riziculture est pratiquée en hivernage et la culture maraîchère en contre-saison.

I.3 La riziculture en Casamance

La Casamance est une région de très vieille tradition rizicole (Pelissier, 1966). La riziculture se caractérise par une grande diversité de variétés.

En considérant les pratiques culturelles et l'ethnie, deux types de riziculture sont distinguées (HAddad, 1969) :

- ❖ le type « mandingue » pratiqué exclusivement par les femmes. Le labour, souvent à plat se fait à l'aide d'une houe appelé « éfantinay (ou fanting) ». Cette dernière est un outil à labour superficiel des rizières dont le niveau d'inondation est faible et dont les sols sont légers (Marzouk-Schmitz, 1984). Ce type de riziculture est dominant dans les zones situées au contact des formations continentales et dont les aménagements des casiers rizicoles sont généralement sommaires.

- ❖ Le type « joola » prédominant dans la zone estuarienne, au contact des eaux marines est pratiqué par les Joolas et les Baïnouks (Vangent et Ukkerman, 1993). C'est un mode de riziculture fondé sur des aménagements élaborés qui protègent les rizières des marées et facilitent leur drainage. L'intérieur des casiers rizicoles est labouré en billon à l'aide d'un outil appelé «Kadiandou ». Les tâches sont bien séparées entre les hommes et les femmes. Les

premiers s'occupent des travaux préparatoires (aménagement des digues, labour) et les travaux au champ (repiquage, récolte) sont du domaine des femmes.

I.4 Les systèmes de cultures en Casamance

Le système de culture est défini comme : « Le système de culture correspond à l'ensemble des modalités techniques mises en œuvre sur des parcelles traitées de manière identique. Chaque système de culture se définit par la nature des cultures, leurs ordres de succession et les itinéraires techniques appliqués (c'est-à-dire la suite logique et ordonnée des interventions culturales) » (Gras, 1990). Ainsi, en fonction des conditions du milieu et des différents foyers de peuplement, la culture sur billons et la culture à plat sont les modes de labour présents surtout en Basse-Casamance.

I.4.1 Le système de culture en billon

La culture en billon est une pratique souvent adoptée en basse Casamance pour permettre ainsi de lutter contre l'érosion hydrique et aussi la salinité en riziculture pluvial (Abdourahmane, 2018). En effet, avec ce système, les nutriments sont piégés dans les sillons afin d'éviter leurs drainages par érosion hydrique (Manga, 2019). Le système de culture en billon permet aussi de ralentir l'évolution d'une éventuelle salinisation et permet aux racines des cultures d'éviter la salinité (Brunet et *al.*, 1991).

I.4.2 Le système de culture à plat

Le système de culture à plat est aussi utilisé par les paysans pour la production rizicole. Ce travail à plat a pour avantage d'éviter l'assèchement précoce des casiers rizicoles ainsi que le stress hydrique des plantes de riz (Dasyuva et *al.*, 2019).

I.5 Les contraintes de la riziculture en Casamance

Les sols de la Basse Casamance, réputés fertiles et très propices à la riziculture, sont devenus très vulnérables (Biaye et *al.*, 2021). En effet, cette zone a été affectée par la baisse de la pluviométrie, par l'écoulement fluvial à laquelle s'ajoute le changement climatique. Ces phénomènes ont causé l'invasion des eaux marines dans le réseau hydrographique, la baisse généralisée du niveau des nappes, la salinisation, l'acidification des vasières et la disparition de la mangrove sur de grandes étendues (Manga, 2019). La transformation des paramètres physicochimiques des eaux et des sols ont réduit les possibilités agricoles des écosystèmes en Basse-Casamance (Sané, 2017). La salinisation et l'acidification constituent ainsi les contraintes majeures de mise en valeur des terres rizicoles de la Basse Casamance (Montoroi, 1996).

I.5.1 Les carences des sols en Casamance

Les sols de la Casamance ont souvent un déficit en nutriment pour assurer une bonne production. Plusieurs auteurs font référence à la carence en phosphore et en potassium dans ces sols et aussi dans certains cas en calcium ou magnésium ou en oligo-éléments (Ndione, 2020).

I.5.2 La toxicité ferreuse des terres

La question de la toxicité ferreuse des terres est un problème d'actualité qui affecte les rizières de la Casamance. Selon Sagna *et al* (2019) c'est l'acidification des rizières qui conduit à une libération excessive de fer entraînant la toxicité ferreuse. Cette abondance de fer peut provoquer le phénomène de «Bronzing» et entraîner une réduction du rendement (Badiane, 2017). Virmanie (1976) a constaté que le problème de la toxicité ferreuse est particulièrement aigu dans les rizières sableuses situées à la limite du plateau.

I.5.3 La salinisation et la salinité des terres

La salinité constitue l'une des principales contraintes de la production rizicole en Casamance, causant ainsi une réduction considérable du rendement (PRACAS, 2014). Selon Marius (1979) le processus de salinisation des terres est déclenché par la longue période de sécheresse enregistrée depuis 1968. Le phénomène est devenu plus intensif avec le problème de réchauffement climatique, la rareté des pluies, l'inondation des sols par les eaux salées à l'occasion des grandes marées et la remontée capillaire de la nappe salée dans les profils en saison sèche (Diallo *et al.*, 2015). Les conséquences se font sentir à première vue par l'occupation d'une végétation halotolérante, la progression des tannes, la disparition de la mangrove sur de grandes étendues. Sagna *et al* (2019) estiment que la perte moyenne de rendement due à la salinité atteint dans certaines zones les 100 %. Ainsi, la salinisation constitue l'une des contraintes majeures de mise en valeur des terres rizicoles de Basse-Casamance (Montoroi, 1996) qui compromet l'efficacité et la durabilité de la majorité des aménagements hydro-agricoles (Bosc, 2005).

I.5.4 L'acidité des sols

L'acidification des sols est l'un des fléaux qui perdure en Casamance. Les causes de ce phénomène se traduisent par une perte annuelle de matières organiques, d'une diminution progressive des bases échangeables, d'absence d'amendements, d'un lessivage et d'une baisse du pH (Dakouo, 1991). L'acidité influence les caractéristiques bio-physico-chimiques du sol, la composition de la solution du sol et, par conséquent, la nutrition minérale des plantes. Les effets néfastes sur la croissance des végétaux cultivés sont dus en grande partie aux actions défavorables sur le milieu physique, notamment sur la texture et la structure (Boizard *et al.*,

2004). Un sol qui s'acidifie devient plus difficile à travailler, sa structure se dégrade progressivement (Agoumé et Birang, 2009). Cela entraîne un mauvais développement des racines et une mauvaise activité alimentaire (Warin et *al.*, 2004). Dans les sols acides, la matière organique se décompose mal et s'accumule.

I.6 La fertilité d'un sol

La fertilité d'un sol relève de ses propriétés chimiques, physiques et biologiques. La manière dont sont arrangées les différentes sortes de pores et de racines, la distribution des colonies microbiennes, la distribution des chemins préférentiels de l'eau de l'air et des solutés correspondent à un type particulier d'organisation du sol, à un type de structure et de fonctionnement et donc un type de fertilité (Kretzschmar, 1993). A cette fertilité « intrinsèque », s'ajoutent des caractéristiques climatiques (pluviométrie, température, ensoleillement), qui conditionnent plus ou moins favorablement la croissance végétale, ainsi que le travail de l'agriculteur.

I.7 Amélioration de la fertilité d'un sol

La fertilité d'un sol est fondamentale pour une bonne production agricole. Ainsi pour son amélioration, l'apport d'engrais organiques de même que d'amendement organique pourrait être une solution.

I.7.1 Les amendements organiques

Ils peuvent être réalisés par l'addition dans le sol de compost, de résidus de récoltes, d'engrais verts, de déchets végétaux, de déjections animales telles que les fumiers de ferme, les fientes de volailles... (Ouédraogo et *al.*, 2001; Diagne, 2004). A la différence de l'engrais, l'amendement enrichit la terre pour dynamiser sa production agricole. Le principe d'un tel apport est de permettre à l'agriculteur de travailler plus facilement ses parcelles qui seront plus aérées et mieux drainées. L'augmentation de la teneur en matière organique du sol est en généralement recherchée lorsqu'on amende les sols. Une bonne teneur en matière organique du sol se traduit par un bon développement racinaire, une bonne capacité de rétention en eau et une meilleure résistance à l'érosion (Sow, 2018). En Casamance, les paysans ont longtemps réalisé ce type de pratique en épandant sur leurs parcelles agricoles des cendres de cuisine, des feuilles de manguier, des ordures ménagères, des bouses de vaches, de la paille de riz etc (Sow, 2018).

I.7.2 Le compost

Le compost est un produit organique résultant de la dégradation en aérobiose des composés organiques d'origine animale et/ou végétale sous l'action des micro-organismes. L'utilisation de celui-ci peut se faire comme engrais lors des cultures ou avant labour comme fumure de fond (Ndione, 2020). Le compostage permet de stimuler l'activité microbienne du sol, de fournir au sol une quantité élevée d'humus stable et une libération lente des substances nutritives qui permettent une production durable du système agricole (Culot et Lebeau, 1999 ; Dagbenonbakin et *al.*, 2013). Les substances basiques du compost et les substances humiques sont bénéfiques contre l'acidification du sol et le stabilisent chimiquement (Ndione, 2020).

I.7.3 La fertilisation minérale

Les engrais minéraux sont des composés d'origine minérale destinés à favoriser la croissance et le développement des plantes cultivées. Ils permettent d'apporter aux plantes des nutriments essentiels sous une forme directement assimilable. L'urée est l'un des principaux engrais chimiques utilisé pour la fertilisation minérale du riz en Afrique de l'Ouest (Wopereis et *al.*, 2008). Les engrais azotés favorisent une croissance vigoureuse des plants de riz, la production de feuilles vertes et d'un grand nombre de talles et panicules (Lacharme, 2001).

I.7.4 La fertilisation organo-minérale

Les engrais organo-minéraux sont un mélange de matières organiques d'origine animale et/ou végétale et de fertilisation minérale. Ils doivent contenir au moins 1% d'azote organique animale et ou végétale (UNIFA, 2008). La fertilisation minérale n'est efficace que s'il existe dans le sol un taux minimum de matière organique (Akanza et Yoro, 2003). Les engrais chimiques ont un effet immédiat sur les plantes alors que les engrais organiques doivent d'abord se décomposer en substances nutritives avant de pouvoir être utilisés (Ndione, 2020). Ces fertilisants peuvent être simples ou composés, acceptant diverses associations, et notamment l'azote, le phosphore et le potasse (NPK). L'avantage de ces types d'engrais est leur facilité d'application, leur capacité de maintenir l'équilibre des richesses du sol, leur capacité d'améliorer l'aération et le drainage du sol, leur capacité de rétention d'eau et de modification d'une acidité du sol.

I.8 Le riz

I.8.1 Description botanique et classification

Le riz cultivé appartient au genre *Oryza*, de la famille des graminées et de l'ordre des poales. Le genre *Oryza* renferme plus de 30 espèces dont 2 sont actuellement cultivées à savoir *Oryza sativa* L et *Oryza glaberrima* Steud.

I.8.2 Les nouvelles variétés de riz

Au Sénégal, il existe quelques institutions qui participent activement à l'amélioration et à la vulgarisation des variétés de riz parmi lesquelles : ISRA, SAED, ANCAR, AfricaRice...

Ainsi, s'observe la naissance de plusieurs nouvelles variétés qui sont plus adaptées aux contraintes du milieu et qui sont plus productives. Parmi ces variétés : la variété ISRIZ 10 qui est issue de l'espèce *Oryza sativa* avec comme Parents : IR 4630-22-2/IR 31785-58-1-2-3-3. La particularité de celle-ci est que son cycle de maturité dure entre 130 jr en saison sèche à 122 jr en hivernage avec un rendement potentiel de 700 kg/h en milieu paysanne à 11000 kg/ha en station.

II. Matériel et méthodes

II.1 Présentation du site d'étude

L'essai a été réalisée à la nouvelle station rizicole du Centre de Recherche Agricole (CRA) de Djibélor ($12^{\circ}56'16''$ Nord et $16^{\circ}30'60''$ Ouest) située dans la commune de Niaguis au sud-ouest de la ville de Ziguinchor, Sénégal (Figure 1).

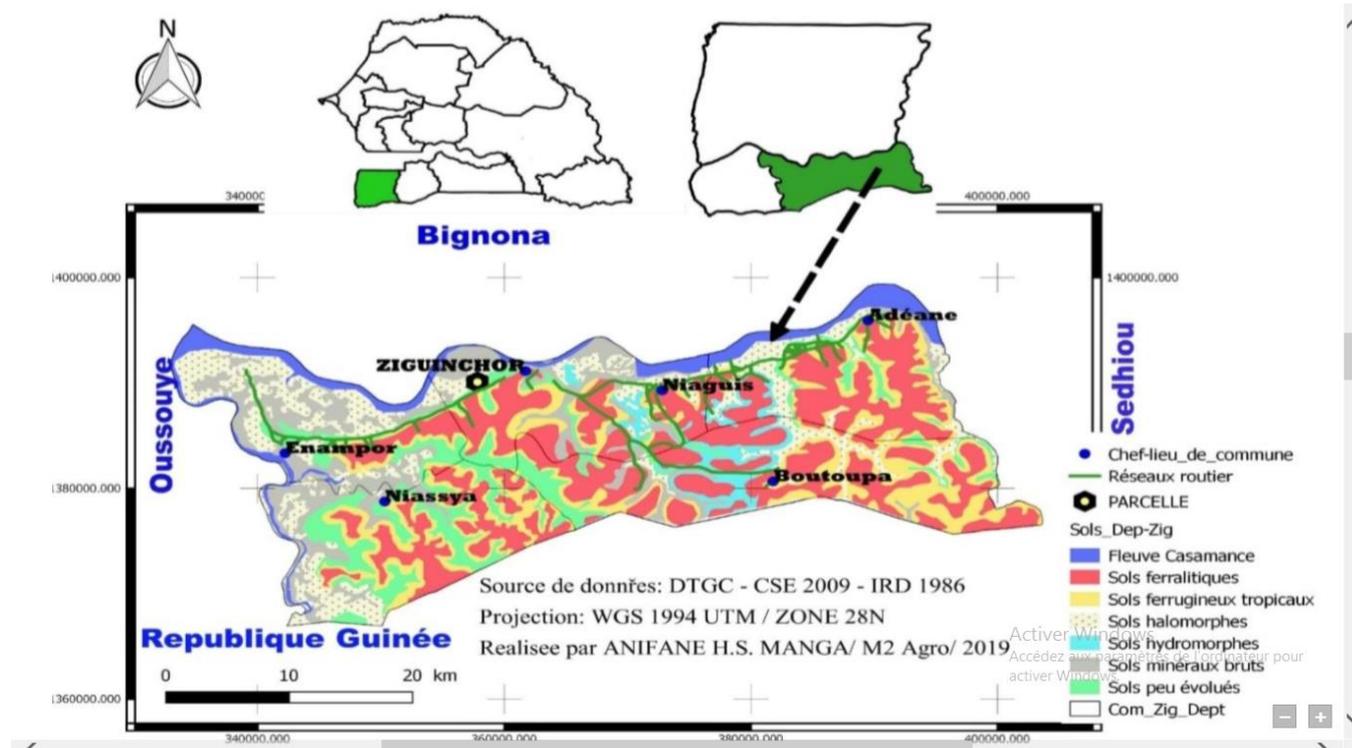


Figure 1: Carte des sols du CRA de DJIBELOR et localisation de la zone d'étude.

Le climat de la région est du type Sud soudanien côtier (Sagna, 2005). Il est caractérisé par l'existence de deux saisons : une saison sèche de 7 à 8 mois qui s'étale de novembre à mai et une saison pluvieuse qui dure 4 à 5 mois (de juin à octobre). La température moyenne pour l'année 2021 a été d'environ 35°C (ANACIM, 2022). La pluviométrie cumulée annuelle était estimée à 990mm.

II.2 Dispositif expérimental

Le dispositif expérimental utilisé est en split plot (Figure 2). Il est subdivisé en 4 blocs ou répétitions. Chaque bloc est long de 53m et large de 2m avec une séparation de 1 m entre eux. Chaque bloc est réparti en 18 parcelles élémentaires (2mx2m) recevant chacune un traitement. Le dispositif expérimental a été installé perpendiculairement à la pente et comporte 2 facteurs.

Le premier est le mode cultural comportant 2 modalités que sont : le mode cultural à plat et billon. Le second représente les différentes doses de fertilisation organo-minérale avec 9 modalités (Tableau 1). La combinaison des deux facteurs (mode cultural et fertilisation) nous a permis d'obtenir 18 traitements (Figure 2). La méthode de la permutation aléatoire proposée par (Dagnelie, 2012) été utilisée afin de pouvoir répartir les différentes doses de fertilisation sur les parcelles élémentaires. Le compost utilisé est composé de cendre, de pailles de riz, de feuilles de manguiers, de terreau, de fleurs mâles de palmier à huile et de bouse de vaches.

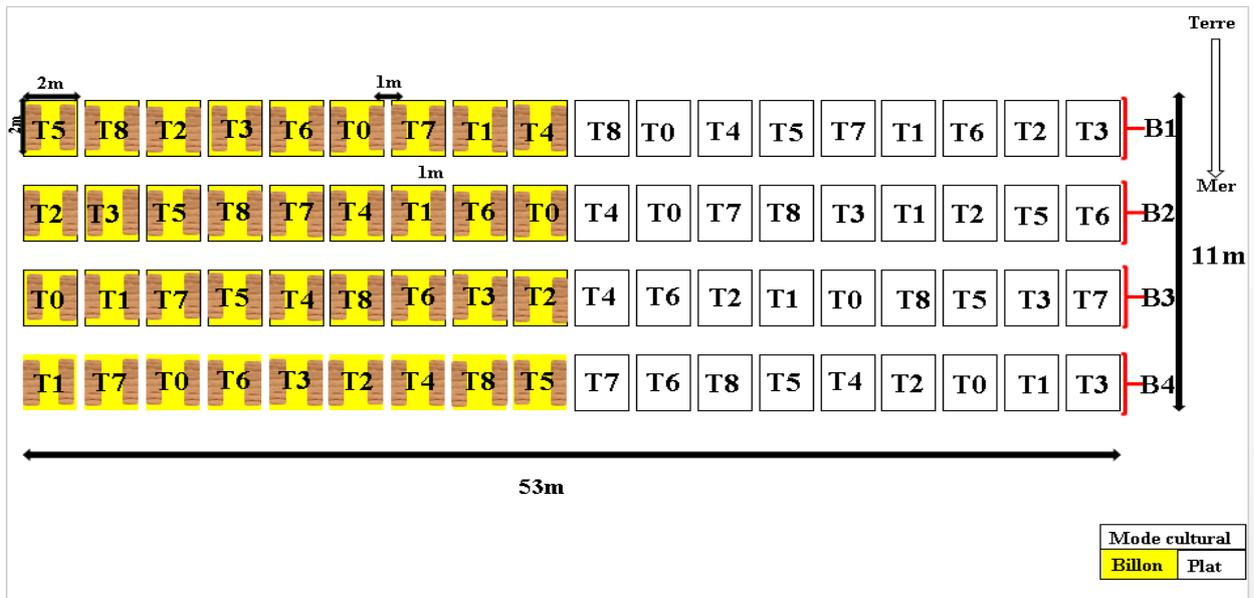


Figure 2 : Dispositif expérimental en split plot.

Tableau 1 : Les différents traitements et leur composition

Traitements	Composition
To	témoin sans aucun apport
T1	100kg/ha de NPK (15-15-15) + 75kg/ha de N (46-00-00)
T2	200kg/ha de NPK (15-15-15) + 150kg/ha de N (46-00-00)
T3	5t/ha de compost
T4	5t/ha de compost + 100t/ha de NPK (15-15-15) + 75kg/ha de N (46-00-00)
T5	5t/ha de compost + 200t/ha de NPK (15-15-15) + 150kg/ha de N (46-00-00)
T6	7.5t de compost
T7	7,5t/ha de compost + 100kg/ha de NPK (15-15-15) + 75kg/ha de N (46-00-00)
T8	7.5t/ha de compost + 200t/ha de NPK (15-15-15) + 150kg/ha de N (46-00-00)

II.3 Conduite de la culture

L'essai a été installé pendant la campagne hivernale 2021. Le dispositif a été installé le 27 Août 2021. Le compost et le NPK (15-15-15) ont été épandus et enfuie trois jours après l'installation du dispositif (30/08/2021) soit 10 jours avant le repiquage (9/09/2021) (figure 4). Quant à l'Urée (46%N), elle a été apportée en deux fractions. La première fraction a été apportée 15 jours après repiquage a raison de 60% et la deuxième 60 jours après (40%). La variété utilisée pour le repiquage est l'ISRIZ 10. C'est une variété adoptée généralement en système irrigué et en bas fond pour une durée de culture de 122 à 130 jours (Faye et *al.*, 2017). Le repiquage des plants a été effectué le 9 septembre 2021 avec 72 plants par parcelle élémentaires avec une géométrie de 0,2m x 0,2m donnant une densité théorique de 5184 plants. Des carrés de rendement de 5 lignes X 5 lignes ont été établis dans chaque parcelle élémentaire afin de collecter les données de production. Un Gardiennage a été fait à partir du 8^{ème} jour après floraison pour surveiller les oiseaux susceptibles de prélever les grains de riz.

II.4 Collecte des données

II.4.1 Paramètres édaphiques

❖ Echantillonnage de sol

Il a été réalisé avant application des amendements et à la fin de l'essai. Les prélèvements effectués en début d'essai sont faits suivant un échantillon par bloc et concerne seulement l'horizon 0-20 cm. Par contre ceux effectués juste après récolte ont porté sur cinq classes de profondeur (0-20cm ; 20-40cm ; 40-60cm ; 60-80cm ; 80-100cm) à raison d'un échantillon par parcelle élémentaire. Chaque échantillon représente un composite de cinq échantillons. Les échantillons ont été séchés et conservés à température ambiante pendant 20 jours au laboratoire de l'ISRA sur des paillasses puis broyés avec un mortier et tamisés à 2 mm.

❖ Analyse des paramètres chimiques

Les paramètres chimiques étudiés sont le pH_{eau} , pH_{kcl} et la conductivité électrique.

○ Mesure du pH_{eau}

Le pH_{eau} du sol a été déterminé avec un pH-mètre de type APERA (Figure 4). La mesure du pH_{eau} a été faite sur une suspension avec un dosage de 10g de sol pour 25ml d'eau déminéralisée.



Figure 3 : pH-mètre de type APERA

- **Mesure du pH_{KCl}**

Après la mesure de pH_{eau} 3,75 g de KCl ont été ajoutés à chaque solution pour ensuite déterminer le pH_{KCl}

- **Mesure de la conductivité électrique**

Pour la conductivité le dosage effectué est de 10g de sol pour 50ml d'eau déminéralisée. Le mélange a été préparé 24h avant la mesure de la conductivité. Le filtrat a été recueilli et la conductivité électrique a été mesurée à l'aide d'un conductimètre de type HANNA (Figure 5).



Figure 4 : Conductimètre de type HANNA

II.4.2 Paramètres agronomiques

Les paramètres agronomiques suivants ont été mesurés ou calculés :

- Le taux de reprise des plants (TRP) consistait à dénombrer les plants qui ont survécu 15 jours après repiquage dans les parcelles élémentaires. Ce taux a été calculé en faisant le rapport entre le nombre de plantes qui ont survécu (NPS) sur le nombre total de plants (NPT) multiplié par cent.

$$\text{TRP (\%)} = \frac{\text{NPS}}{\text{NPT}} \times 100$$

- Le nombre total de talles (NTT) et de panicules (NP) par m² avant récolte a été évalué sur quatre (4) plants pris au hasard dans le carré de rendement. Le taux d'infertilité (TIN) des talles a été calculé suivant la formule suivante :

$$\text{TIN} = \frac{\text{NTT} - \text{NP}}{\text{NTT}} \times 100$$

- La hauteur et le nombre de feuilles des plants ont été évaluée sur 8 pieds pris au hasard dans le carré de rendement au 15, 30, 45 et 60^{em} jours.

- Le taux de stérilité (TS) des graines a été calculé après la récolte en choisissant au

hasard sur chaque parcelle cinq panicules dans le carré de rendement. Le nombre d'épillets total (NET) et le nombre d'épillets vides (NEV) par traitement et par mètres carrés ont été comptés afin de déterminer ce taux par la formule ci-après.

$$TS = \frac{NEV}{NET} \times 100$$

- La biomasse des tiges, des feuilles et des panicules ont été déterminée. Suite à un séchage des panicules et de la biomasse à l'air libre pendant 15 jours, la masse sèche a été évaluée à l'aide d'une balance électronique. La masse des 1000 grains a été également déterminée après séchage à l'air libre pendant 15 jours. Ces pesées ont permis de calculer le rendement grains en kg/ha (Figure 6).



Figure 5 : Echantillons en séchage et appareil de pesage

II.5 Traitement et analyse des données

Les données ont été saisies sur le tableur Excel. Les analyses de variance (ANOVA) au seuil de 5%, l'analyse des composantes principales (ACP) et les tests de comparaison des moyennes de Fisher ont été effectués pour établir la significativité des différences entre les moyennes des traitements. Ces analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel XLSTAT.

III. Résultats et discussion

III.1 Résultats

III.1.1 Les paramètres chimiques du sol.

L'analyse de variance du pH du sol a montré qu'il existe une différence significative ($P < 0.05$) entre les différents apports suivant chaque mode cultural à l'exception du pH_{KCl} du mode à plat (Tableau 2). Pour le mode à Billon, les traitements T6 et T8 ont enregistré les valeurs de pH_{eau} les plus élevées. Pour le mode à plat, les valeurs de pH_{eau} les plus faibles sont enregistrées sur les traitements T2 et T5. La fertilisation minérale augmente l'acidité du sol à travers les fortes doses apportées sur ces traitements. Entre les deux modes culturaux, le pH_{eau} ne varie pratiquement pas au sein d'un même traitement à l'exception de T8 où le sol est plus acide pour le mode cultural à Billon (Tableau 2). Pour le pH_{KCl} , il n'existe aucune différence significative ($P = 0,1299$) entre les traitements suivant le mode cultural à plat. Par contre, il existe une différence significative ($P = 0,002$) du pH_{KCl} entre les traitements sur le mode à billon (Tableau 2). En effet, les traitements T6 et T8 ont enregistré les valeurs de pH_{KCl} les plus élevées, suivis des traitements T0i, T0, T1, T3, T4, T5, T7. Seul le traitement T2 présente les pH_{KCl} les plus faibles. Entre les deux modes culturaux, le pH_{KCl} ne varie pratiquement pas au sein d'un même traitement à l'exception de T2 qui a enregistré une acidité plus élevée pour le mode à Billon (Tableau 2). Cependant, l'interaction mode cultural et les traitements est significative ($P = 0,049$) (Tableau 2). Il n'existe aucun effet significatif des traitements sur la conductivité électrique (Tableau 2).

Tableau 2 : Variation du pH_{eau} , du pH_{KCl} et de la conductivité électrique entre avant apports des traitements et la fin de l'essai dans l'horizon 0-20.

Traitement	pH_{eau}		pH_{KCl}		Conductivité électrique Ds/m	
	Billon	Plat	Billon	Plat	Billon	Plat
T0i	4,28 ± 0,08 ^{Aa}	4,326 ± 0,296 ^{Ba}	3,87 ± 0,09 ^{Bb}	3,891 ± 0,260 ^{Ab}	2,31 ± 0,90 ^{Aa}	2,466 ± 0,754 ^{Ab}
T0	4,22 ± 0,32 ^{Aa}	4,341 ± 0,161 ^{Ba}	3,87 ± 0,028 ^{Bb}	3,959 ± 0,117 ^{Ab}	1,79 ± 0,56 ^{Aa}	2,208 ± 0,239 ^{Aa}
T1	4,30 ± 0,31 ^{Aa}	4,313 ± 0,098 ^{Ba}	3,90 ± 0,26 ^{Bb}	3,849 ± 0,086 ^{Ab}	1,99 ± 0,22 ^{Aa}	1,709 ± 0,104 ^{Aa}
T2	4,15 ± 0,16 ^{Aa}	4,122 ± 0,095 ^{Aa}	3,56 ± 0,29 ^{Aa}	3,815 ± 0,198 ^{Ab}	1,95 ± 0,48 ^{Aa}	2,193 ± 0,753 ^{Aa}
T3	4,09 ± 0,16 ^{Aa}	4,473 ± 0,217 ^{Ba}	3,74 ± 0,13 ^{Bb}	4,013 ± 0,275 ^{Ab}	1,84 ± 0,31 ^{Aa}	1,716 ± 0,256 ^{Aa}
T4	4,20 ± 0,32 ^{Aa}	4,527 ± 0,333 ^{Ba}	3,85 ± 0,26 ^{Bb}	4,114 ± 0,330 ^{Ab}	1,95 ± 0,41 ^{Aa}	2,153 ± 1,028 ^{Aa}
T5	4,14 ± 0,19 ^{Aa}	4,171 ± 0,149 ^{Aa}	3,77 ± 0,22 ^{Bb}	3,825 ± 0,150 ^{Ab}	1,86 ± 0,28 ^{Aa}	1,885 ± 0,332 ^{Aa}
T6	4,48 ± 0,36 ^{Ba}	4,460 ± 0,251 ^{Ba}	4,13 ± 0,29 ^{Cb}	4,025 ± 0,217 ^{Ab}	2,11 ± 0,34 ^{Aa}	2,024 ± 0,277 ^{Aa}
T7	4,17 ± 0,15 ^{Aa}	4,442 ± 0,127 ^{Ba}	3,83 ± 0,16 ^{Bb}	4,045 ± 0,127 ^{Ab}	2,14 ± 0,33 ^{Aa}	2,063 ± 0,386 ^{Aa}
T8	4,48 ± 0,38 ^{Ba}	4,578 ± 0,113 ^{Bb}	4,15 ± 0,41 ^{Cb}	4,109 ± 0,062 ^{Ab}	2,13 ± 0,34 ^{Aa}	1,803 ± 0,327 ^{Aa}
Pr > F						
traitements /mode cultural	0,02	0,0035	0,002	0,1299	0,143	0,0701
Significativité	OUI	OUI	OUI	NON	NON	NON
Pr > F mode cultural x traitements	0,031		0,003		0,049	
Significativité	OUI		OUI		OUI	

Au seuil de 5%, les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

Les lettres en majuscule représentent la comparaison entre les traitements sur un même mode cultural.

Les lettres en minuscule représentent la comparaison des traitements entre les deux modes culturaux.

T0i= pH initial ; **T0**= pas d'apport ; **T1**= 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T2**= 150 kg/ha d'urée + 200kg/ha de triple 15 ; **T3**= 5 t/ha Compost ; **T4**= 5t/ha Compost + 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T5**= 5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200 kg/ha de triple 15 ; **T6**= 7,5 t/ha Compost ; **T7**= 7,5 t/ha Compost + 75kg/ha d'urée +100kg/ha de triple 15 ; **T8**= 7,5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200kg/ha de triple 15.

L'analyse de variance du pH_{eau} montre qu'il existe une différence significative entre les traitements sur tous les niveaux de profondeur à l'exception de l'horizon 40-60 ($P = 0,066$) en billon ($P = 0,089$) en plat (Figure 6). Le pH_{eau} devient de plus en plus acide au fur et à mesure que l'on tend en profondeur. Par contre, il y'a une diminution de cette acidité entre l'horizon 0-20 et 20-40 sur le mode billon. Toutefois, sur l'horizon 0-20 les

traitements T2 (4,122), T5 (4,171) et T1 (4,313) ont des pH plus acides en mode plat de même que les traitements T5 (4,124), T3 (4,128), T2 (4,179), T7 (4,179) et T4 (4,179) en mode billon (Figure 6). Une différence significative ($P=0.011$) entre les traitements sur l'horizon 20-40 a été notée. Les plus grandes valeurs du pH_{eau} sont notées au niveau du mode cultural à billon.

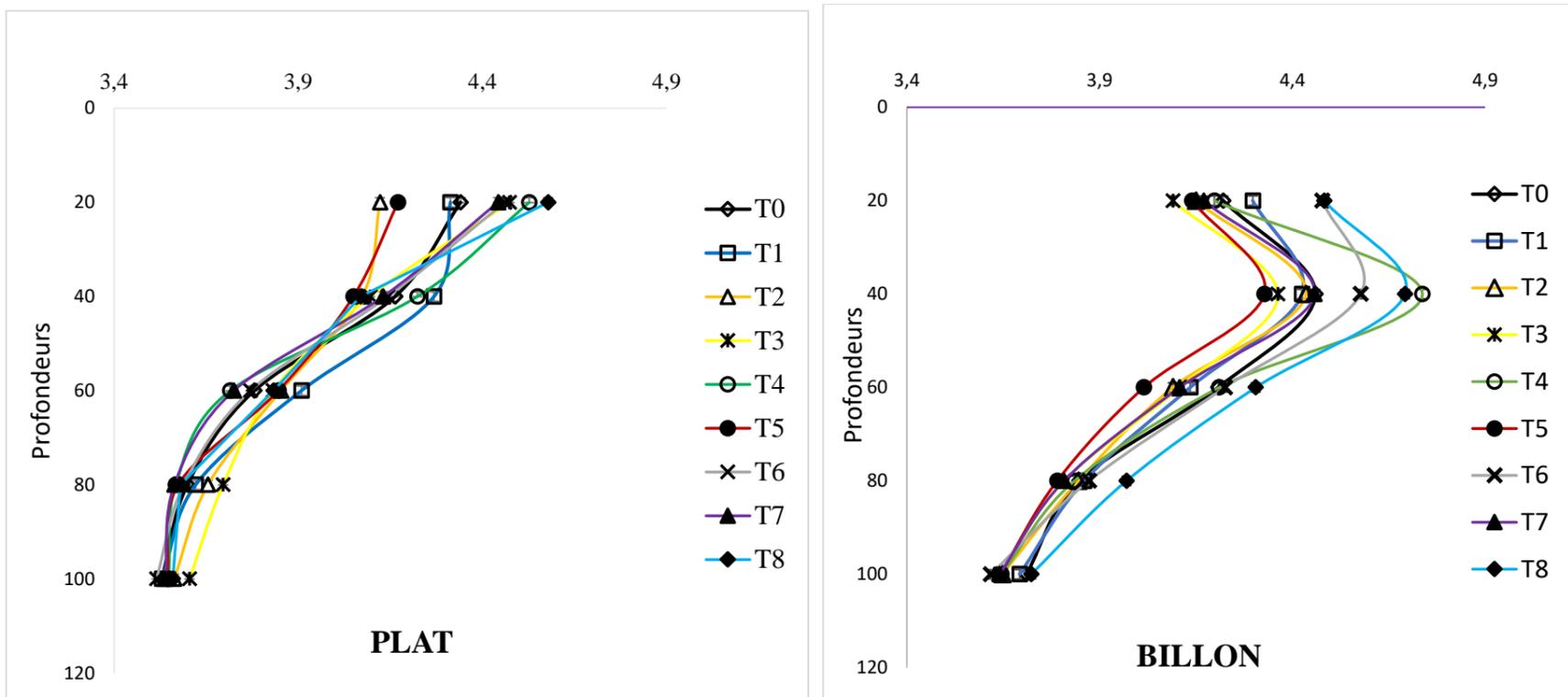


Figure 6 : Evaluation du pH_{eau} en fonction des profondeurs et du mode cultural.

T0= Témoin absolu ; **T1**= 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T2**= 150 kg/ha d'urée + 200kg/ha de triple 15 ; **T3**= 5 t/ha Compost ; **T4**= 5t/ha Compost + 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T5**= 5 t/ha⁻¹ Compost + 150kg/ha d'urée +200 kg/ha de triple 15 ; **T6**= 7,5 t/ha Compost ; **T7**= 7,5 t/ha Compost + 75kg/ha d'urée +100kg/ha de triple 15 ; **T8**= 7,5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200kg/ha de triple 15.

L'analyse des variances montre une différence significative entre les traitements sur les horizons 20-40 et 40-60 sous culture à plat et 40-60, 60-80 et 80-100 sous culture à billon (Figure 7). Toutefois, le pH_{KCl} augmente en fonction de la profondeur. Néanmoins cette tendance est moins marquée sous mode de culture à billon. Par ailleurs, les traitements T2 (3,816), T5 (3,826) et T1 (3,849) ont enregistré les valeurs de pH_{KCl} les plus acides au niveau de l'horizon 0-20 sur le mode cultural à plat. Par contre pour le mode à billon, l'acidité est plus accentuée avec les traitements T2 (3,560), T5 (3,765), T3 (3,766), T7 (3,840) et T4 (3,840) à la profondeur 0-20. Les pH_{KCl} les plus élevés sont observés au niveau du mode à billon (Figure 7).

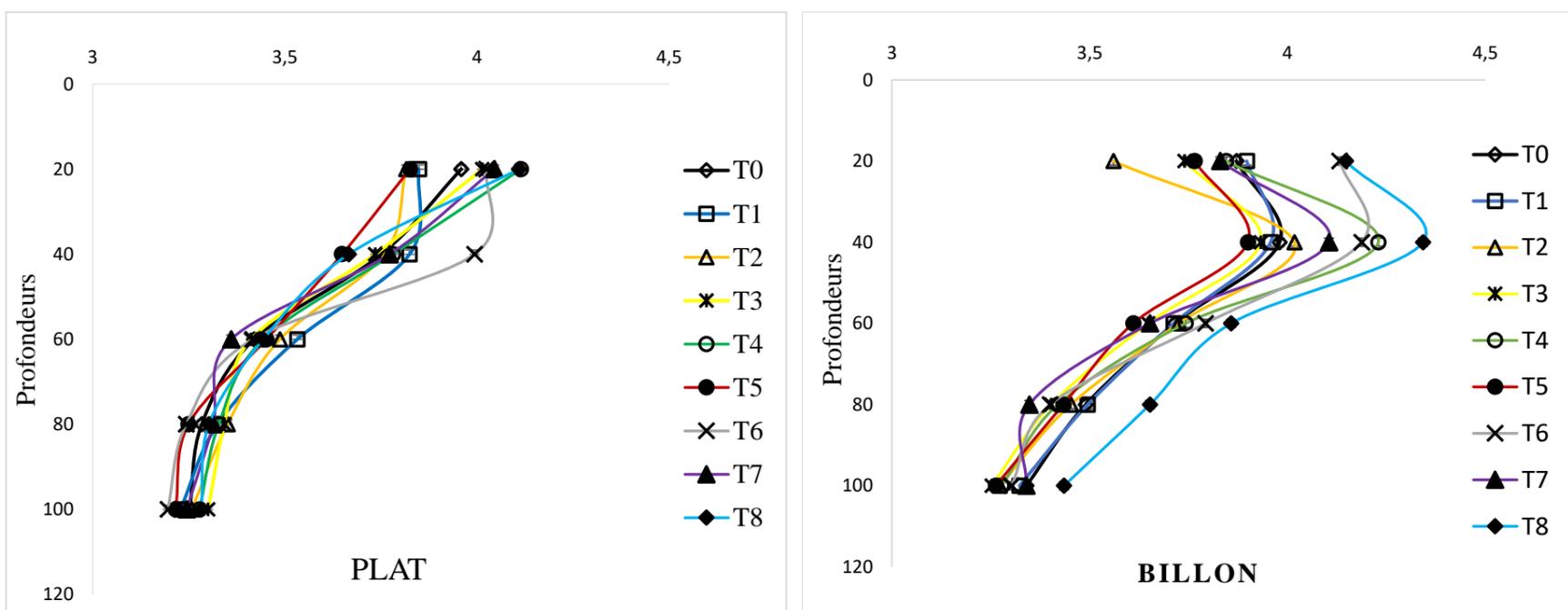


Figure 7 : Evaluation du pH_{KCl} en fonction des profondeurs et du mode cultural.

T0= pas d'apport ; **T1**= 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T2**= 150 kg/ha d'urée + 200kg/ha de triple 15 ; **T3**= 5 t/ha Compost ; **T4**= 5t/ha Compost + 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T5**= 5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200 kg/ha de triple 15 ; **T6**= 7,5 t/ha Compost ; **T7**= 7,5 t/ha Compost + 75kg/ha d'urée +100kg/ha de triple 15 ; **T8**= 7,5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200kg/ha de triple 15.

Les résultats de l'analyse de la conductivité électrique (CE) ont montré une différence significative ($P<0.05$) entre les traitements sur l'horizon 20-40 avec le mode cultural à plat et sur les horizons 40-60 et 80-100 sur la culture en billon (Figure 8). Toutefois, pour chaque traitement et pour

chaque mode cultural il y a une diminution de la conductivité de l'horizon 0-20 à 20-40 et une augmentation en fonction de la profondeur sur les autres horizons. L'analyse des variances indique qu'il existe une différence significative entre les traitements sur tous les horizons à l'exception de l'horizon 0-20. Les plus grandes valeurs de la conductivité électrique sont observées avec le système à billon.

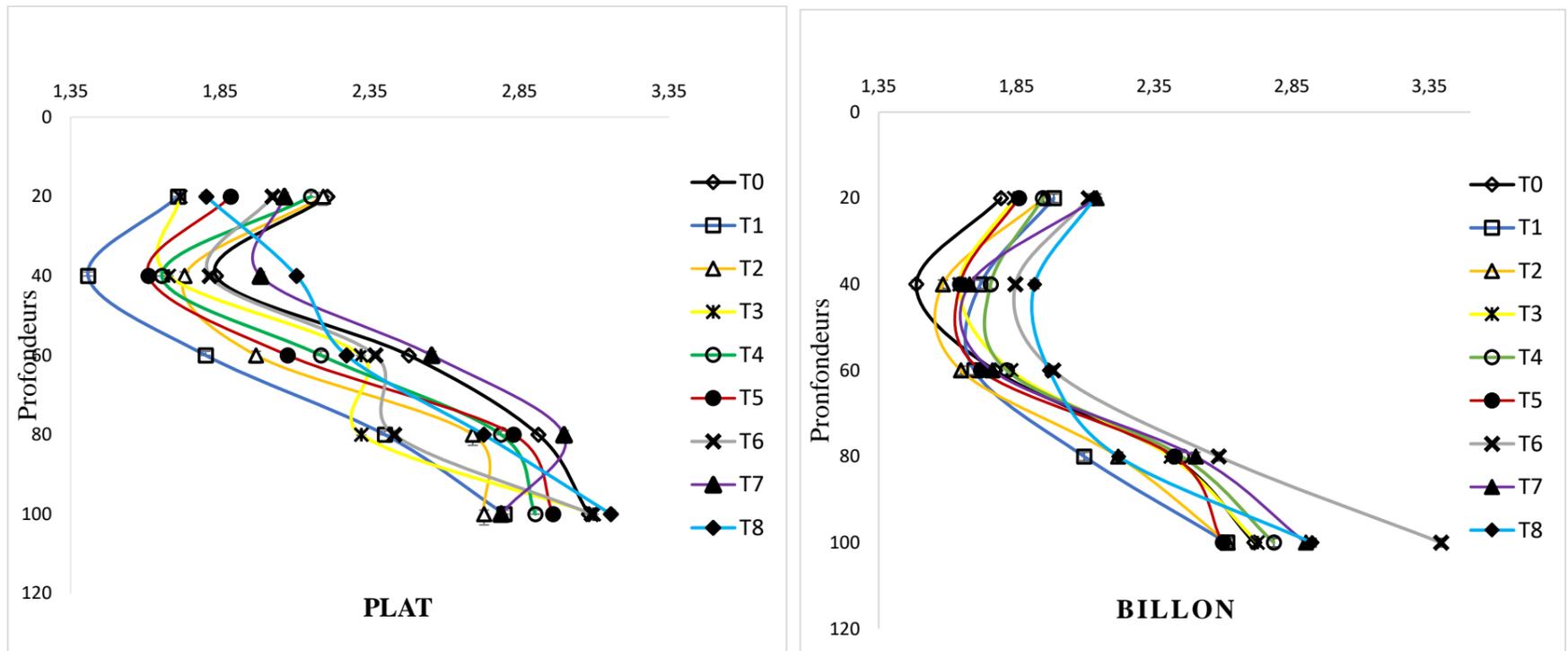


Figure 8 : Evolution de la conductivité électrique en fonction des profondeurs et du mode cultural.

T0= témoin absolu ; **T1**= 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T2**= 150 kg/ha d'urée + 200kg/ha de triple 15 ; **T3**= 5 t/ha Compost ; **T4**= 5t/ha Compost + 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T5**= 5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200 kg/ha de triple 15 ; **T6**= 7,5 t/ha Compost ; **T7**= 7,5 t/ha Compost + 75kg/ha d'urée +100kg/ha de triple 15 ; **T8**= 7,5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200kg/ha de triple 15.

III.1.2 Les paramètres agro morphologiques.

Selon le test de Fisher il n'existe pas de différence significative entre les traitements sur le taux de reprise (Figure 10). Toutefois, les meilleures reprises ont été notées sur T2 (96,18%) et T0 (95,48%) pour le système à billon et sur T3 (98,95) et T5 (98,61) pour le mode cultural à plat. Il y a eu moins de reprise avec les rapports T8 (84,72%) et T6 (87,15%) en billon de même que sur T7 (89,23%) et T6 (90,62%) en plat. Les meilleurs taux de reprises ont été notés sur le système à plat à l'exception des traitements T7 et T2 (Figure 9).

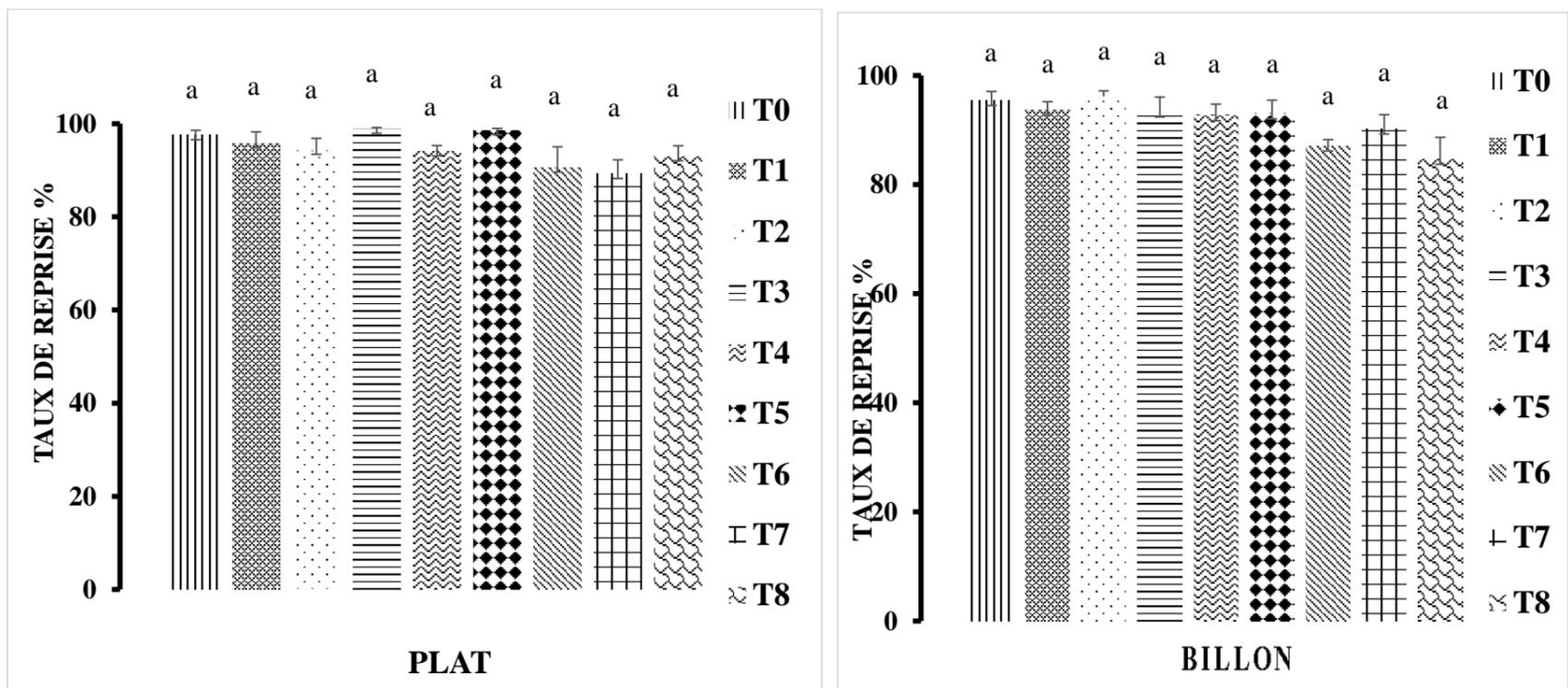


Figure 9 : Diagramme du taux de reprise des plants.

T0= témoin absolu ; **T1**= 75 kg/ha d'urée ; +100 kg/ha de triple 15 ; **T2**= 150 kg/ha d'urée + 200kg/ha de triple 15 ; **T3**= 5 t/ha Compost ; **T4**= 5t/ha Compost + 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T5**= 5 t/ha⁻¹ Compost + 150kg/ha d'urée +200 kg/ha de triple 15 ; **T6**= 7,5 t/ha Compost ; **T7**= 7,5 t/ha Compost + 75kg/ha d'urée +100kg/ha de triple 15 ; **T8**= 7,5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200kg/ha de triple 15

L'analyse des paramètres agromorphologiques (nombre de talles et de panicules et taux d'infertilité) a montré une différence significative entre les traitements pour le nombre de talles ($P = 0,038$) et de panicules ($P = 0,016$) sous mode de culture à plat. Toutefois, le nombre de talle le plus faible a été enregistré avec les traitements T6 ($54,29 \pm 12,12$) en plat et ($83,20 \pm 13,15$) en billon et à T0 ($44,92 \pm 7,69$) en plat et ($87,5 \pm 10,44$) en billon. Par contre, il y'a plus de talles au niveau des traitements T2 ($94,53 \pm 16,75$) et T8 ($94,53 \pm 10,08$) sous culture en billon et plus de talles avec T1 ($103,90 \pm 76,05$) et T5 ($83,20 \pm 10,39$) sous culture à plat. Ailleurs, le nombre de panicules le plus important a été enregistré au niveau des traitements T7 ($78,90 \pm 7,81$) et T1 ($76,95 \pm 9,23$) en culture avec billon et T4 ($63,67 \pm 35,20$) et T2 ($49,21 \pm 22,48$) à plat. L'infertilité des plants est plus prononcée avec les traitements T5 ($24,20 \pm 12,97$) et T2 ($24,09 \pm 6,64$) en culture à billon et T5 ($58,40 \pm 28,84$) et T1 ($53,75 \pm 39,46$) en plat (Tableau 3). Ailleurs, le test de Fisher montre qu'il existe une différence significative entre les traitements ($P < 0,05$) pour chaque paramètre (Tableau 3). Pour le nombre de talles, les traitements T0 ($87,5 \pm 10,44$), T6 ($83,2 \pm 13,15$) et T7 ($91,01 \pm 11,57$) du mode cultural à billon se sont comportés beaucoup mieux que ceux du mode à plat. De plus, le mode cultural à billon renferme plus de panicules en terme de valeur absolue dans tous les traitements. Les taux d'infertilités ont été plus marqués dans le mode cultural à plat avec les traitements T0 ($45,09 \pm 16,85$), T1 ($53,75 \pm 39,46$), T5 ($58,40 \pm 28,84$), T6 ($51,12 \pm 29,83$), T7 ($49,43 \pm 30,29$) et T8 ($53,578 \pm 26,06$).

Tableau 3 : Effets des doses de fertilisation organo-minérale et du mode cultural sur le nombre de talles ; le nombre panicules et le taux d'infertilité.

Traitement	Nombre de talles/m ²		Nombre de panicules/m ²		Taux d'infertilité %	
	Billon	Plat	Billon	Plat	Billon	Plat
T0	87,5 ± 10,44 ^{Ab}	44,92 ± 7,69 ^{Aa}	66,40 ± 21,29 ^{Ab}	25 ± 10,82 ^{Aa}	23,08 ± 25,81 ^{Aa}	45,09 ± 16,85 ^{Ab}
T1	93,35 ± 14,95 ^{Ab}	103,90 ± 76,05 ^{Bb}	76,95 ± 9,23 ^{Ab}	33,98 ± 20,89 ^{Aa}	16,98 ± 7,45 ^{Aa}	53,75 ± 39,46 ^{Ab}
T2	94,53 ± 16,75 ^{Ab}	77,73 ± 21,01 ^{Ab}	72,26 ± 16,40 ^{Ab}	49,21 ± 22,48 ^{Aa}	24,09 ± 6,64 ^{Aa}	37,82 ± 14,84 ^{Aa}
T3	82,03 ± 29,82 ^{Ab}	65,62 ± 7,32 ^{Ab}	72,65 ± 28,54 ^{Ab}	44,92 ± 10,47 ^{Aa}	12,32 ± 8,07 ^{Aa}	31,21 ± 16,20 ^{Aa}
T4	94,14 ± 12,90 ^{Ab}	81,25 ± 41,75 ^{Ab}	73,43 ± 24,50 ^{Ab}	63,67 ± 35,20 ^{Bb}	23,48 ± 15,18 ^{Aa}	22,18 ± 8,09 ^{Aa}
T5	89,06 ± 5,70 ^{Ab}	83,20 ± 10,39 ^{Ab}	67,18 ± 10,28 ^{Ab}	35,93 ± 28,32 ^{Aa}	24,20 ± 12,97 ^{Aa}	58,40 ± 28,84 ^{Ab}
T6	83,2 ± 13,15 ^{Ab}	54,29 ± 12,12 ^{Aa}	65,23 ± 12,97 ^{Ab}	25,39 ± 17,03 ^{Aa}	21,85 ± 4,72 ^{Aa}	51,12 ± 29,83 ^{Ab}
T7	91,01 ± 11,57 ^{Ab}	60,15 ± 11,86 ^{Aa}	78,90 ± 7,81 ^{Ab}	30,078 ± 19,44 ^{Aa}	13,05 ± 3,24 ^{Aa}	49,43 ± 30,29 ^{Ab}
T8	94,53 ± 10,08 ^{Ab}	82,03 ± 17,37 ^{Ab}	71,87 ± 10,90 ^{Ab}	42,43 ± 16,88 ^{Aa}	22,84 ± 16,75 ^{Aa}	53,578 ± 26,06 ^{Ab}
Pr > F traitements /mode cultural	0,244	0,038	0,337	0,016	0,18	0,091
Significativité	NON	OUI	NON	OUI	NON	Non
Pr > F mode cultural x traitements	0,000		< 0,0001		< 0,0001	
Significativité	OUI		OUI		OUI	

Au seuil de 5%, les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

Les lettres en majuscule représentent la comparaison entre les traitements sur un même mode cultural.

Les lettres en minuscule représentent la comparaison des traitements entre les deux modes culturaux.

T0= témoin absolu ; **T1**= 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T2**= 150 kg/ha d'urée + 200kg/ha de triple 15 ; **T3**= 5 t/ha Compost ; **T4**= 5t/ha Compost + 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T5**= 5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200 kg/ha de triple 15 ; **T6**= 7,5 t/ha Compost ; **T7**= 7,5 t/ha Compost + 75kg/ha d'urée +100kg/ha de triple 15 ; **T8**= 7,5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200kg/ha de triple 15.

La variation de la hauteur des plants de riz n'est pas significative entre les traitements. En valeur absolue, les traitements T1 ($73,87 \pm 4,98$) et T2 ($74,34 \pm 1,91$) pour la culture sur billon et T3 ($66,43 \pm 2,37$) et T6 ($67,96 \pm 6,36$) en mode plat ont enregistré les hauteurs les plus faibles. Les hauteurs les plus élevées ont été observées au niveau des traitements T7 ($78,31 \pm 2,71$) et T4 en billon ($78,06 \pm 2,32$) et T2 ($71,37 \pm 6,59^a$) et T4 ($74,40 \pm 1,71$) en plat. L'analyse de variance de la biomasse a montré une différence significative entre les traitements en mode cultural en billon ($P=0,04$) et plat ($P=0,001$) (Tableau 4). Par ailleurs, les traitements T7 ($3653,25 \pm 1201,79$) et T8 ($3175,5 \pm 1174,80$) en billon et T5 ($3703,5 \pm 976,53$) et T8 ($3790,75 \pm 230,11$) en plat ont plus amélioré la biomasse aérienne. En termes de valeur absolue, il existe une différence significative ($P < 0,05$) entre les traitements pour chaque paramètre étudié en comparant les deux modes culturaux (Tableau 4). Les hauteurs les plus importantes

ont été notées avec le mode cultural à billon avec les traitements T0 (74,65 ± 4,28), T1 (73,87 ± 4,98), T3 (77,03 ± 1,65), T6 (77,37 ± 1,62) et T8 (76,00 ± 6,28). Pour la biomasse aérienne, entre les modes culturaux, seuls les traitements T0 et T6 sont différents en termes de valeur absolue.

Tableau 4 : Effets des doses de fertilisation organo-minérale et du mode cultural sur la hauteur des plantes et sur la biomasse aérienne.

Traitement	Hauteurs des plants (cm)		Biomasse aérienne (g)	
	Billon	Plat	Billon	plat
T0	74,65 ± 4,28 ^{Ab}	69,71 ± 4,43 ^{Aa}	2637,5 ± 784,50 ^{Bb}	1754 ± 480,17 ^{Aa}
T1	73,87 ± 4,98 ^{Ab}	69,50 ± 8,54 ^{Aa}	3074,55 ± 226,69 ^{Ab}	2720 ± 715,25 ^{Bb}
T2	74,34 ± 1,91 ^{Ab}	71,37 ± 6,59 ^{Ab}	3155 ± 346,07 ^{Ab}	2821,5 ± 983,45 ^{Bb}
T3	77,03 ± 1,65 ^{Ab}	66,43 ± 2,37 ^{Aa}	2881,5 ± 518,95 ^{Ab}	2804,25 ± 402,72 ^{Bb}
T4	78,06 ± 2,32 ^{Ab}	74,40 ± 1,71 ^{Ab}	3258,25 ± 348,05 ^{Ab}	3117,75 ± 522,65 ^{Bb}
T5	76,81 ± 1,72 ^{Ab}	71 ± 6,52 ^{Ab}	3577 ± 238,44 ^{Ab}	3703,5 ± 976,53 ^{Bb}
T6	77,37 ± 1,62 ^{Ab}	67,96 ± 6,36 ^{Aa}	3242,5 ± 866,46 ^{Ab}	1922,25 ± 966,07 ^{Aa}
T7	78,31 ± 2,71 ^{Ab}	71,25 ± 4,10 ^{Ab}	3653,25 ± 1201,79 ^{Ab}	3025,25 ± 190,95 ^{Bb}
T8	76,00 ± 6,28 ^{Ab}	68,65 ± 3,20 ^{Aa}	3790,75 ± 230,11 ^{Ab}	3175,5 ± 1174,80 ^{Bb}
Pr > F				
traitements /mode cultural	0,14	0,072	0,04	0,001
Significativité	NON	Non	OUI	OUI
Pr > F mode cultural x traitements	0,000		< 0,0001	
Significativité	OUI		OUI	

Au seuil de 5%, les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

Les lettres en majuscule représentent la comparaison entre les traitements sur un même mode cultural.

Les lettres en minuscule représentent la comparaison des traitements entre les deux modes culturaux.

T0= témoin absolu ; **T1**= 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T2**= 150 kg/ha d'urée + 200kg/ha de triple 15 ; **T3**= 5 t/ha Compost ; **T4**= 5t/ha Compost + 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T5**= 5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200 kg/ha de triple 15 ; **T6**= 7,5 t/ha Compost ; **T7**= 7,5 t/ha Compost + 75kg/ha d'urée +100kg/ha de triple 15 ; **T8**= 7,5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200kg/ha de triple 15.

L'analyse des paramètres de rendement et le rendement n'a pas montré une différence significative entre les traitements (Tableau 5). Le rendement en grains est plus important au niveau des traitements T6 (1232,25 ± 605,82) et T3 (1214,75 ± 326,95) sur le mode cultural à billon et T1 (572 ± 326,92) et T5 (560,75 ± 524,56) sur le mode à plat. Ailleurs, les traitements T3 (14,04 ± 0,89) et T6 (13,27 ± 0,5) en billon et T1 (14,94 ± 1,56) et T0 (14,08 ± 1,31^A) en plat ont les meilleurs poids de 1000 grains (Tableau 5). Sous mode cultural à billon, la stérilité des grains est plus prononcée avec les traitements T8 (58,32 ± 23,28) et T2 (57,12 ± 23,00) tandis que sur le système à plat, c'est les traitements T5 (74,34 ± 23,63) et T8 (70,93 ± 20,08) qui affectent plus la stérilité des graines. L'analyse de la variance entre les modes culturaux montre qu'il existe une différence significative (P<0.05) entre les traitements pour tous les paramètres (Tableau 5). Le mode cultural à billon renferme les valeurs de rendement en grains les plus importants quel que soit le traitement. Les différences des traitements entre les modes culturaux pour le poids des 1000 grains sont observées que sur T6, T7 et T8. La stérilité est plus marqué avec le mode cultural à plat avec les traitements T5 (74,34 ± 23,63) et T8 (70,93 ± 20,08).

Tableau 5 : Effets des doses de fertilisation organo-minérale et du mode cultural sur le rendement en grains ; le poids des 1000 grains et le taux de stérilité (%) des grains.

Traitement	Rdt en grains		Poids 1000 grains		Taux de stérilité	
	Billon	Plat	Billon	Plat	Billon	Plat
T0	1152,5 ± 596,98 ^{Ab}	441,5 ± 198,49 ^{Aa}	12,91 ± 0,43 ^{Ab}	14,08 ± 1,31 ^{Ab}	53,51 ± 22,09 ^{Aa}	44,16 ± 8,09 ^{Aa}
T1	1061,5 ± 332,59 ^{Ab}	572 ± 326,92 ^{Aa}	12,79 ± 1,56 ^{Ab}	14,94 ± 1,56 ^{Ab}	39,54 ± 12,14 ^{Aa}	50,41 ± 24,97 ^{Aa}
T2	982,5 ± 213,44 ^{Ab}	480 ± 282,24 ^{Aa}	13,24 ± 0,94 ^{Ab}	13,74 ± 1,44 ^{Ab}	57,12 ± 23,00 ^{Aa}	49,82 ± 20,88 ^{Aa}
T3	1214,75 ± 326,95 ^{Ab}	314,25 ± 217,39 ^{Aa}	14,04 ± 0,89 ^{Ab}	12,11 ± 1,25 ^{Ab}	35,59 ± 9,91 ^{Aa}	53,86 ± 11,44 ^{Aa}
T4	1111,5 ± 546,28 ^{Ab}	558 ± 414,56 ^{Aa}	11,87 ± 2,71 ^{Ab}	12,40 ± 1,98 ^{Ab}	42,40 ± 11,43 ^{Aa}	65,19 ± 26,75 ^{Aa}
T5	1110,25 ± 613,88 ^{Ab}	560,75 ± 524,56 ^{Aa}	12,15 ± 2,42 ^{Ab}	12,14 ± 2,80 ^{Ab}	44,96 ± 8,93 ^{Aa}	74,34 ± 23,63 ^{Ab}
T6	1232,25 ± 605,82 ^{Ab}	279,5 ± 263,51 ^{Aa}	13,27 ± 0,51 ^{Ab}	9,30 ± 5,43 ^{Aa}	45,04 ± 10,72 ^{Aa}	59,07 ± 25,50 ^{Aa}
T7	1163,25 ± 231,99 ^{Ab}	266,75 ± 170,01 ^{Aa}	13,06 ± 1,55 ^{Ab}	10,27 ± 5,49 ^{Aa}	36,97 ± 6,74 ^{Aa}	54,57 ± 13,34 ^{Aa}
T8	1079,75 ± 566,31 ^{Ab}	518,5 ± 454,31 ^{Aa}	12,29 ± 0,77 ^{Ab}	10,03 ± 6,02 ^{Aa}	58,32 ± 23,28 ^{Aa}	70,93 ± 20,08 ^{Ab}

Pr > F						
traitements * mode cultural	0,49	0,246	0,088	0,101	0,099	0,091
Significativité	NON	Non	NON	Non	NON	Non
Pr > F mode cultural x traitements	< 0,0001		0,003		0,004	
Significativité	OUI		OUI		OUI	

Au seuil de 5%, les valeurs avec les mêmes lettres ne sont pas significativement différentes

Les lettres en majuscule représentent la comparaison entre les traitements sur un même mode cultural.

Les lettres en minuscule représentent la comparaison des traitements entre les deux modes culturaux.

T0= pas d'apport ; **T1**= 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T2**= 150 kg/ha d'urée + 200kg/ha de triple 15 ; **T3**= 5 t/ha Compost ; **T4**= 5t/ha Compost + 75 kg/ha d'urée +100 kg/ha de triple 15 ; **T5**= 5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200 kg/ha de triple 15 ; **T6**= 7,5 t/ha Compost ; **T7**= 7,5 t/ha Compost + 75kg/ha d'urée +100kg/ha de triple 15 ; **T8**= 7,5 t/ha Compost + 150kg/ha d'urée +200kg/ha de triple 15.

III.1.3 Relation entre les paramètres étudiés, les traitements et les modes culturaux

L'Analyse en Composantes Principales (ACP) sur les paramètres quantitatifs et qualitatifs a montré des groupes en fonction des modes culturaux et des traitements (Figure 10). Pour les modes culturaux, l'analyse a séparé deux groupes (plat et billon). Le premier groupe constitué du mode cultural plat est caractérisé par des pourcentages de reprise, d'infertilité et stérilité élevés. Le second groupe (mode cultural en billon) est caractérisé par une performance des paramètres de croissance et de rendement (hauteur, panicule, taille, rendements en grains, poids 1000 graines et biomasse aérienne). Pour les traitements, l'ACP a discriminé deux groupes. Le premier groupe est composé des traitements T0, T3, T5 et T6 et caractérisé par des pourcentages de reprise, d'infertilité et stérilité élevés, Le second groupe constitué par les traitements T1, T2, T4, T7 et T8 est caractérisé par un meilleur développement des paramètres de croissance et de rendement. L'ACP a montré une corrélation entre le nombre de talles et panicules, la hauteur des plants et le rendement en grains. Une forte corrélation entre infertilité et stérilité a été notée.

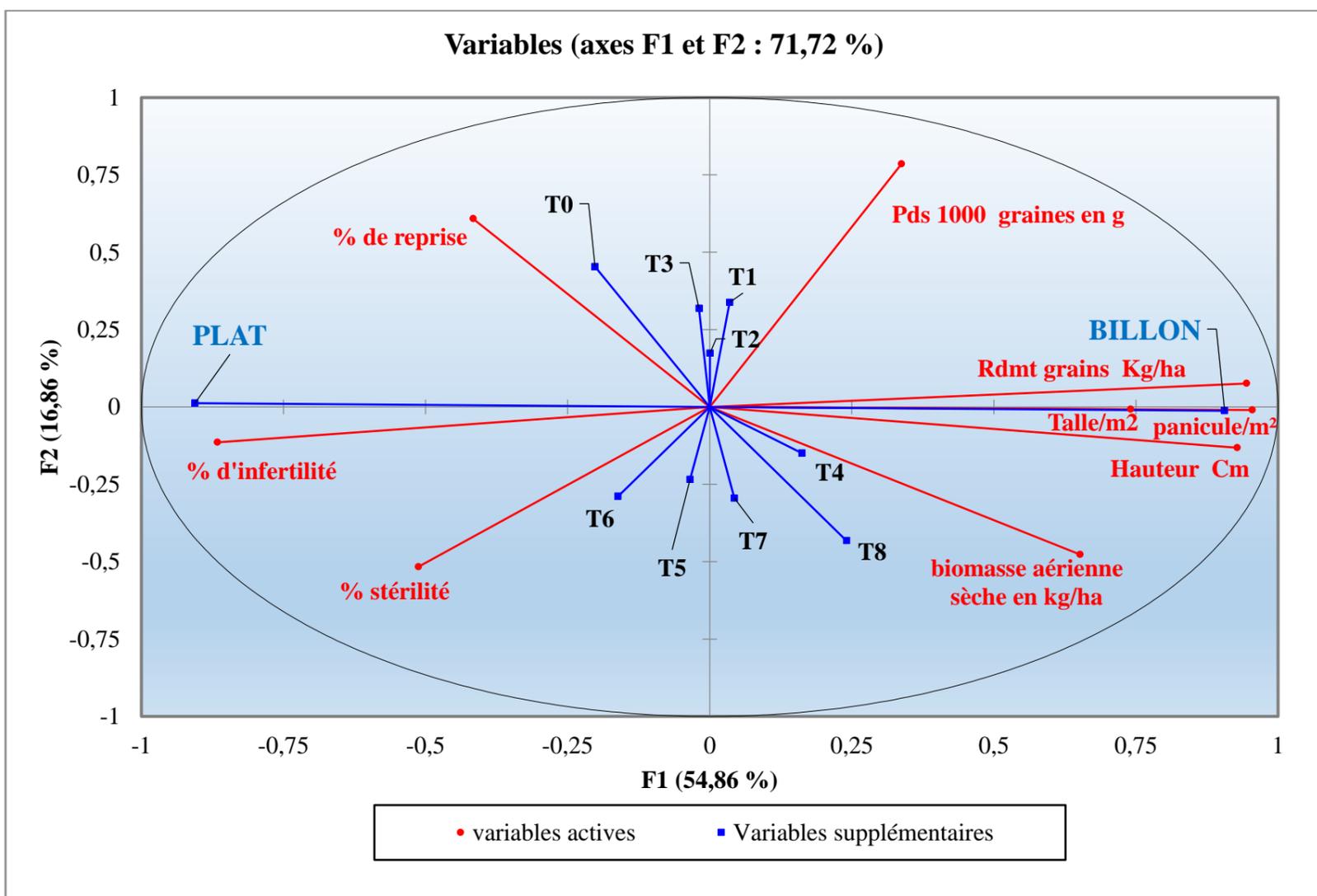


Figure 10 : relation entre les paramètres et les traitements apportés

III.2 Discussion

III.2.1 Les modes cultureux et les différentes doses de fertilisations organo-minérales ont-ils un effet sur les paramètres chimiques du sol ?

Les caractéristiques initiales du pH_{KCl} dans l'horizon 0-20 sont en moyenne de 3,87 pour le mode cultural à billon et de 3,89 pour celui en plat. Ce qui caractérise des sols acides éventuellement hostiles au développement d'une culture. En fin d'essai, c'est le traitement avec la dose de 7,5 tonnes de compost associées avec 100% de formule minérale (T8) qui a le plus réduit l'acidité du sol sur billon (4,148) comme sur plat (4,088) sur l'horizon 0-20 cm. Cela pourrait être dû à la quantité importante de compost dans ce traitement. Selon (Nyembo *et al.*, 2014), les apports de matières organiques améliorent le pH du sol par augmentation de la capacité d'échange cationique (CEC) au niveau des complexes argilo-humiques.

Généralement, dans tous les deux modes cultureux une diminution du pH a été observée en fonction de la profondeur sauf sur l'horizon 0 – 40 du système à billon. Cette réduction du pH en profondeur est probablement due à une oxydation du sulfate de fer. Ce que partagent certains auteurs attestant que l'une des causes de l'acidification des sols de la Basse Casamance, résulte de l'oxydation de la pyrite (FeS_2) présente dans les sédiments fluvio-marin de toute la côte ouest du Sénégal (Viellefon, 1977 ; Marius, 1985).

Par contre, l'effet des traitements sur le pH est plus marqué dans le système à billon avec les traitements T6 et T8. Cela pourrait s'expliquer par la caractéristique surélevé du billon qui empêche le lessivage et favorise une bonne aération du sol. Les billons enrichissent presque toujours un sol et la décomposition des matières organiques incorporées à la butte maintient la température et augmente le pH du sol (www.books.openEdition.org).

Pour tous les deux modes cultureux, la conductivité suit deux phases d'évolution en fonction des profondeurs : une première régressive (20 – 40 cm) et une seconde évolutive (40 – 100 cm). Cette rupture d'évolution pourrait être due à l'effet du labour. Comme la conductivité est plus élevée en profondeur entraînant l'existence d'un gradient de salinité croissant sur le long du profil du sol, alors on pourrait dire qu'elle est due à une remontée capillaire. Pour certains, cela pourrait être expliqué par les fluctuations de la nappe phréatique peu profonde (Seye *et al.* 2018). Pour d'autres, la salinisation des sols en Basse Casamance se fait par remontée capillaire de la nappe salée dans les profils. (Aïdara *et al.*, 2020). Ainsi, un labour pourrait briser la continuité des capillaires. Le travail du sol crée une rupture dans la remontée de l'eau salée (Fall *et Sane* 2020).

III.2.2 Les différents dose d'amendement organique et de fertilisation minérale ont il amélioré les paramètres de croissance et de rendement du riz ?

Le taux de survie des plantes est relativement élevé sur tous les traitements. Cela pourrait être dû à la tolérance de la variété utilisée et un bon apport du milieu en eau douce qui permet de réduire l'effet de la salinité et du pH acide. Selon Diouf *et al* (2019), le pH des sols sulfatés acides, généralement bas, ne constitue pas un facteur limitant à la survie et/ou à la croissance des plantes du riz, car, avec les apports d'eaux, ce pH in situ, se rétablit assez rapidement.

Toutefois, les meilleurs taux de reprise sont observés au niveau du mode cultural à plat. Ces résultats peuvent être justifiés par l'existence d'une bonne lame d'eau au niveau de ce système contrairement au mode cultural à billon. En effet une bonne lame d'eau dilue et diminue la concentration des éléments solubles et influe sur la survie des plants de riz (Sagna *et al.*, 2019).

Les traitements avec la fertilisation minérale seulement ou celle en association avec le compost ont eu plus d'effets sur la hauteur, le nombre de talles/m² et le nombre de panicules/m² au niveau des deux modes culturaux. Cela peut être expliqué d'une part par la capacité de la variété ISRIZ 10 à répondre à l'accroissement de la dose d'azote. Selon, Gala *et al.* (2011), l'augmentation des quantités d'azote améliore considérablement la croissance végétative du riz. D'autre part, le meilleur comportement de ces paramètres face aux traitements contenant une dose de formule minéral seraient liées au fait que la fertilisation minérale dispose d'éléments minéraux directement assimilables qui auraient favorisé la croissance rapide des plantes. Les résultats obtenus suivent la logique de Kaho *et al* (2011) qui ont montré que les apports de fertilisant minérale ont une influence positive sur la croissance du riz.

Les traitements avec les différentes doses de fertilisation minérale (50% ou 100%) ou associés à 5t/ha ou 7,5t/ha de compost ont enregistré la biomasse aérienne la plus importante et donc favorisé un bon développement végétatif du riz. Des observations similaires ont été faites par Bambara *et al* (2019) sur le sorgho qui estiment que le compost associé à la fertilisation minérale agirait beaucoup plus sur la production de biomasse. Pour l'infertilité et la stérilité, il se peut que s'expliquer par la diminution de la lame d'eau lors de la phase d'épiaison et de maturation des plants soit une justification à leurs comportements. En effet, un déficit hydrique de la culture de riz entraîne une stérilité des épillets et un remplissage incomplet des grains (FAO, 1994). Le déficit en eau serait la conséquence de l'installation tardive de l'essai et de la faible pluviométrie en 2021. Selon l'ANACIM 2022, la pluviométrie du mois d'Octobre 2021 était faible (66mm) ; ce mois ayant coïncidé avec la phase d'épiaison du riz au niveau de l'essai. Cela laisserait croire qu'un déficit hydrique a affecté les plants.

Par ailleurs des apports en compost ont plus influencé le rendement graine et le poids des grains dans les deux systèmes de culture. Il se pourrait que le compost constitue une source de nutriments dans le temps ce qui permet une longue utilisation des nutriments pour les plants. Selon Inckel et *al.* (2005) la matière organique contient des substances nutritives importantes comme l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K) qui seront à la disposition des plants après décomposition.

A l'exception du taux de survie des plants, les meilleurs résultats sont obtenus au niveau du mode de culture à billon. De manière générale, les rendements sont faibles dans le système à plat et élevés sur celui en billon. Le rendement potentiel de la variété ISRI 10 est estimé à 11000 kg/ha en station et 7000 kg/ha en milieu paysan (Faye et *al.*, 2017). Pour notre essai le rendement le plus élevé n'atteint pas les 600 kg / ha sur plat et avoisine les 1232kg/ha sur billon. Cela pourrait s'expliquer par une bonne fertilisation des terres sur culture à billon. Une étude menée au Burkina Faso par Rodriguez (1987) montre que les billons permettent d'améliorer l'infiltration et finalement les rendements des cultures.

Conclusion

L'étude sur l'impact des modes de gestion du sol (système à plat et billonnage) et les différentes doses de fertilisations organo-minérales (compost et fertilisation minérale recommandée) sur le pH, la conductivité électrique, la croissance et le rendement du riz sous contrainte de salinité en station en Casamance a permis de montrer d'abord que la dose de 7,5 tonnes de compost associés avec 100% de formule minérale (T8) qui a le plus réduit l'acidité du sol. Ensuite, pour les paramètres de croissance, ce sont les différentes doses de fertilisations minérales seules ou parfois associés au compost qui donnent les meilleurs résultats. Ailleurs nous remarquons que c'est l'apport de compost qui influence le plus sur les rendements. Enfin nous observons que quel que soit le traitement le système à billon est plus performant que celui à plat sauf au niveau du taux de survie. Ainsi nous pouvons conclure que c'est l'apport de fertilisation organo-minérale sous culture à billon qui est plus performant.

Cependant la lutte contre la salinisation des sols et l'infertilité des sols nécessiterait un apport de compost pouvant réduire la salinité et un apport de fertilisant minéral pouvant fournir à la plante des éléments nutritifs.

Vu les nombreuses contraintes liées à cette étude (arrêt des pluies etc.), il serait intéressant

- De répéter l'essai plusieurs fois aussi bien en station qu'en milieu paysan pour permettre de comprendre cette combinaison.
- De répéter l'étude en maîtrisant les différents paramètres (eau, dose de fertilisation organo-minérale)
- D'élargir les tests sur les doses de fertilisation organo-minérale sur d'autres types de céréales en culture en Casamance.

Références bibliographique

- Abdourahmane, M.S., 2018. Dégradation des rizières des bas-fonds dans un contexte de changement climatique en Basse Casamance (Sénégal) 15 p.
- Agoumé, V., Birang, UN., 2009. Impact des systèmes d'utilisation des terres sur certaines propriétés physiques et chimiques du sol d'un oxisol dans la zone de forêt humide du sud du Cameroun 29 p.
- Aïdara M.L.C., Ba M., Carter A., 2020. Impact of Intrinsic Properties of Aggregate and Volumetric Properties of Hot Mixture Asphalt (HMA) in the Influence of the Resistance to Rutting, *Open Journal of Civil Engineering*, 2020. 187-194 p.
- Akanza PK., Yoro G., 2003. Effets synergiques des engrais minéraux et de la fumure de volaille dans l'amélioration de la fertilité d'un sol ferrallitique de l'ouest de la côte d'ivoire. *Agronomie Africaine.*, 15(3) : 135-144 p.
- Badiane A. 2017. Etude de Synthèse bibliographique sur les potentialités agronomiques des sols gris hydromorphes de la Casamance. 61 p.
- Biaye J.B, Sané Y., Fall A C A, 2021. Salinisation-acidification des sols et riziculture dans la commune de Mlomp, Oussouye (Basse Casamance), 12 p. .
- Boizard H., Estrade J., Caneill J., Coquet Y., Defossez P., Manichon Y., 2004. Caractérisation morphologique de la structure du sol dans les champs labourés : d'une méthode de diagnostic à la modélisation des changements structuraux dans le temps.
- Baize, D., 2000. Guide des analyses en pédologie. 2ème édition. INRA, 266 p.
- Bambara et al., 2019. Fertilisation des sols avec la litière foliaire en zone Subsahélienne du Burkina Faso : Diversité des espèces, effets sur le rendement du Sorgho.
- Bosc. P. M., 2005 : A la croisée des pouvoirs. Une organisation paysanne face à la gestion des ressources (Basse Casamance, Sénégal). Paris, Éditions IRD et CIRAD, collection à travers champs, 313p.
- Brunet, D., Dobos, A., Fall, M., Montoroi, J.-P., Zante, P., 1991. Projet Pilote " Casamance " Bas-fond de DJIGUINOUM Rapport de synthèse, 20 p.
- Cirad., 2022. La recherche agronomique pour le développement durable des régions tropicales et méditerranéennes, 21 p.

- Culot M. et Lebeau S., 1999. Le compostage, une pratique méconnue de gestion des déchets. Bulletin d'information AIGx5/1999, 11-17 p.
- Dabin, B., Ségalen, P., 1970. Le sol, sa définition, ses constituants, 17 p.
- Dagbenonbakin G., Djenontin A.J., AhoyoAdjovi N., Igué M.A., Mensah G.A., 2013. Production et utilisation de compost et gestion des résidus de récolte. Fiche technique. Dépôt légal N°6529 du 18/01/2013, 1er trimestre 2013, Bibliothèque Nationale du Bénin, 12 pages.
- Dagnelie P., 2012 Principes d'expérimentation planification des expériences et analyse de leurs résultats présente les notions de base de l'expérimentation, considéré comme l'utilisation raisonnée des plans d'expériences 175-176 p.
- raisonnée des plans d'expériences.
- Dakouo., 1991 Mise au point d'un système de lutte rationnelle contre les insectes ravageurs sur les périmètres rizicoles irrigués au Burkina Faso, 45 p.
- Dassylva, M., 2019. Diagnostic Agronomique de la Riziculture Périurbaine dans la Commune de Ziguinchor au Sénégal, 25 pages.
- De Wouters, P., Lorent, V., 2002. Le pH_{eau} du sol – Estimer le niveau trophique du sol. Silva Belgica, 8 p.
- Diagne L., 2004. Riz, symboles et développement chez les Diolas de Basse Casamance. Les Presses de l'université de Laval, 343 p.
- Diallo, M.D., Ngamb, T., Tine, A.K., Guisse, M., Ndiaye, O., Saleh, M.M., Diallo, A., Seck, S., Diop, A., Guisse, A., 2015. Caractérisation agropédologique des sols de mboltime dans la zone des niayes (Sénégal). Agronomie Africaine, 12 p.
- Dick, R.P., 1992. A review: long-term effect of agricultural systems on soil biochemical and microbial parameters, 15 p.
- Fall et Sané., 2020. Salinisation-Acidification des sols et riziculture dans la commune de Mlomp, Oussouye (Basse-Casamance, Sénégal), 21 p.
- Faye et al., 2017. Effets de la salinité au champ sur des paramètres agronomiques de 23 variétés de riz. Journal of Applied Biosciences 103 : p 9854 – 9869.
- FAO. 1994. Fertilisation des sols et conservation des eaux.

- Frisque M. 2007. Gestion des matières organiques dans les sols cultivés en Région wallonne : avantages agronomiques, avantages environnementaux et séquestration du carbone, 102 p. Forges A.C. et al, 2008. Perdus dans le triangle des textures. Étude et Gestion des sols. Volume 15, numéro 2, 97 à 111 p.
- Gabhane J., Prince William S.P.M., Bidyadhar R., Bhilawe P., Anand D., Vaidya A.T., Wate S.R., 2012. Additives aided composting of green waste: Effects on organic matter degradation, compost maturity, and quality of the finished compost. Bioresour. Technol.
- Gala, J.B.T., Maméri, C., Albert, Y.-K., Jules, K.Z., 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 10 p.
- Gras R., 1990. Systèmes de culture, définitions et concepts clés. In Les systèmes de culture. Coord. Combe L., Picard O., (coords.). Paris, INRA.
- Haddad, G. 1969. "Proposition d'une classification des rizières aquatiques de la Casamance." Agron. Tropicale 393-402 p.
- Inckel, M., de Smet, P., Tersmette, T., Veldkamp, T., 2005. La fabrication et l'utilisation du compost, 73 p.
- INP, 2008. Adaptation des zones côtières aux changements et à la vulnérabilité climatiques au Sénégal, 45 p.
- ISRA, 2012b. Catalogue officiel des espèces et variétés cultivées au Sénégal, 1ère édition. Institut Sénégalais de Recherches Agricoles, 192 p.
- Joliet B., 1994. Le compostage : principes et modalités. Fourrages 140, 421-430 p.
- Kaho, F. *et al.* (2011) 'Effet combiné des feuilles de *Tithonia diversifolia* et des engrais inorganiques sur les rendements du maïs et les propriétés d'un sol ferrallitique au centre tropical du Cameroun, 29 p.
- Kretzschmar A. (1993) "Action sur la structure et le fonctionnement physique du sol". In Mémento du producteur la matière organique, Editions S.E.R.A.I.L. et l'Information Agricole du Rhône, 35 pages.
- Lacharme M, 2001. « Fascicule 2 ». Le plant de riz, données morphologiques et cycle de la plante. Mémento Technique de Riziculture, 22p.

- Le Borgne J., 1988. La pluviométrie au Sénégal et en Gambie. Dakar : ORSTOM ; Ministère Français de la Coopération, 95 p.
- Le Borgne J., 1990. La dégradation actuelle du climat en Afrique entre Sahara et Equateur. In : La dégradation des paysages en Afrique de l'Ouest. Département de Géographie, UCAD, Presses Universitaires de Dakar, p : 17-36.
- Legros, P.J.-P., 2009. La salinisation des terres dans le monde 14p.
- Lompo F., Segda Z., Gnankambary Z. et Ouandaogo N., 2009. Influence des phosphates naturels sur la qualité et la biodégradation d'un compost de pailles de maïs. TROPICULTURA, 27, 2, 105-109.
- Loyer, J-Y., Boivin, P., Le Brusq, J-Y., & Zante P. (1986). Les sols du domaine fluvio-marin de Casamance (Sénégal) : évolution récente et réévaluation des contraintes majeures pour leur mise en valeur. Dakar: ORSTOM, 11 p.
- Manga, A.H.S. (2019) Effets de différents types de composts, du phosphogypse et de la fertilisation minérale sur les propriétés chimiques et biochimiques d'un sol sulfaté acide et le rendement du riz à Djibélor (Basse Casamance), 52 p.
- Manzelli, M., Bacci, M., Fiorillo, E., Tarchiani, V., 2013. Diagnostique de la riziculture de bas-fond dans la région de Sédhiou. 33p.
- Marius C., 1979. Effets de la sécheresse sur l'évolution phytogéographique et pédologique de la mangrove en Basse-Casamance. Bulletin de l'IFAN 41, sér. A, n° 4 : 669-691 p.
- Marius, C. (1985). Mangroves du Sénégal et de la Gambie : écologie, pédologie, géochimie, mise en valeur et aménagement. Paris, ORSTOM; 357 p. (Travaux et Documents de l'ORSTOM; 193). ISSN0371-6023 (Thèse Sciences Naturelles), Université Louis Pasteur, Strasbourg.
- Marlet, S., et J.O. Job, 2006. Processus et gestion de la salinité des sols. In : Tiercelin, J.R. Traité d'irrigation, seconde édition. Tec & Doc Lavoisier. ISBN-13 : 978 p.
- Marzouk-schmitz Y., 1984. Instruments aratoires, systèmes de culture et différenciation intra-ethnique. Cahiers ORSTOM, série Sciences humaines 20 (3-4) : 399-425 p.
- Mustin M, 1987. Le compost : gestion de la matière organique. Editions François Dubusc- Paris, 954 p.

- Ndione A., 2020. Effets de différentes doses de compost et de la fertilisation minérale azotée sur la croissance et le rendement du maïs en station au CRA/ISRA de Djibélor/Ziguinchor (Sénégal). 10 p.
- Niang M, Seydi B., Hathie I., 2017. Etude de la consommation des céréales de base au Sénégal, USAID, feed the future SENEGAL nataal mbey, 128 p.
- Nyembo K.L., Useni S.Y., Chinawej M.M.D., Kyabuntu I.D., Kaboza Y., Mpundu M.M., Baboy L.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 p.
- Nys, C., 1980. Modifications des caractéristiques physico-chimiques d'un sol brun acide des Ardennes primaires par la monoculture d'Epicea commun 38, 237–257.
- Ouédraogo E., Mando A. and Zombré N.P., 2001. Use of compost to improve soil properties and crop productivity under low input agriculture system in West Africa. Agriculture, Ecosystems & Environment, 84, 259-256 p.
- Parnaudeau J., 2005 : L'impact de la mondialisation dans une micro-région rurale au Sénégal : le cas des villages du Blouf (Basse-Casamance). Mémoire de Master 1, Institut de Géographie et d'Aménagement Régional, Université de Nantes, 221p.
- Pélissier, P. (1966). Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance. Saint-Yriex, Imp. Fabrègue, 939 p.
- Posner, J.L., Kamuanga, M., & Sall, S. (1988). Les Systèmes de production en Basse Casamance et les stratégies paysannes face au déficit pluviométrique. h4SU International Development Papers, Department of Agricultural Economics Agriculture Hall, Michigan S. University, East Lansing, Michigan 48824-1039, U.S.A. Reprint No. 20F, USAID/ 47 p.
- PRACAS. 2014. volet agricole du plan Sénégal émergent PSE document principal ,108p.
- PROMASC., 2012. Rapport Final.
- Rodriguez, L., 1987.- Les aménagements collectifs contractuels de Ziga et Sabouna. Perspectives. Inera-ORD Ouahigouya. 55 P.
- Sadio S., 1991. Pédogenèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides sales des tannes du sine Saloum, Sénégal. 291 p.

- Sagna P., 2005. Dynamique du climat et son évolution récente dans la partie Ouest de l'Afrique occidentale. Thèse de doctorat d'état lettre UCAD. Tome 1 et 2, 742 pages.
- Sagna P., Diedhiou S., Goudiaby A.O., Diatta Y., Diallo M.D., Ndoye I., 2019 Effet des amendements organiques sur le développement du riz (*Oryza sativa* L.) dans les bas-fonds sulfato-acides en zone sud-soudanienne au Sénégal. 11 p.
- Sané T., 2017. Vulnérabilité et adaptabilité des systèmes agraires à la variabilité climatique et aux changements sociaux en Basse-Casamance (sud-Ouest du Sénégal), Thèse de doctorat 374 p.
- Seck, P.A., Togola, A., Touré, A., Diagne, A., 2013. Propositions pour une optimisation des performances de la riziculture en Afrique de l'Ouest 22, 361–368 p.
- Seye, C.A.T. *et al.* (2018) 'Effet d'un dispositif biomécanique sur la récupération des sols salés et la culture du riz dans le bassin fluvio-marin du Sine-Saloum à Ndoff (Sénégal)', *Journal of Applied Biosciences*, 130, pp.
- Vieillefon J., 1977. La pédogénèse dans les mangroves tropicales. Extrait de « Science du Sol » (2^e semestre 1969) supplément au « Bulletin de l'Association Française pour l'étude du Sol ». 115-148 p.
- Vangent P.A.M., Ukkerman H.R., 1993. The Balanta rice farming system in Guinea-Bissau. In DENT D., VAN MENSVOORT M.E.F. (ed.), Selected papers of the Hô Chi Minh-Ville symposium on acid sulphate soils (Viêt-Nam, March 1992), Wageningen, The Netherlands, ILRI, Publ. 53, p.
- Virmani, S. 1976. "Breeding Rice for Tolerance to Iron-Toxicity." Séminaire ADRAO sur l'amélioration variétale, Bouaké, Côte d'Ivoire Sept. 13-18 p.
- WARIN A., R. Bernaerdt, E. Delcarte, P. Maesen, J. Naud, J.M. (2004). Développement d'un système harmonisé de surveillance de la qualité des terres agricoles en Région wallonne anticipant la future directive européenne sur les sols. 210 p.
- Wopereis M.C.S., Defoer T., Idinoba P., Diack S. and Dugué M.J., 2008. Participatory Learning and Action Research (PLAR) for Integrated Rice Management (IRM) in Inland Valleys of Sub-Saharan Africa: Technical Manual. WARDA Training Series. Cotonou, Benin: AfricaRice Center, 128 p.

www.books.OpenEdition.org