

UNIVERSITE ASSANE SECK DE ZIGUINCHOR



UFR des Sciences et Technologies

Département d'Agroforesterie

Mémoire de fin de cycle de master

Spécialité : Aménagement et Gestion Durable des Ecosystèmes Forestiers et Agroforestiers.

Sujet :

Effets des amendements organo-minéraux et des champignons mycorhiziens sur le rendement d'*Oriza sativa* L. (riz) en milieu semi-contrôlé salé (Ziguinchor-Sénégal)

Présenté par :

Mamadou BA

Encadré par Dr Aly DIALLO, Dr Hassna FOUNOUNE-MBOUP et Dr Arfang O.k. GOUDIABY

Sous la supervision de Dr Sire DIEDHIOU, Maître de Conférences, UASZ, SENEGAL

Soutenu publiquement le 02 Octobre 2024 devant le jury composé de :

Président	Dr Ismaila COLY	Maître de Conférences, UASZ, SENEGAL
Examineurs	Dr Antoine SAMBOU	Maître-Assistant, UASZ, SENEGAL
	Dr Boubacar CAMARA	Maître-Assistant, UASZ, SENEGAL
Encadrants	Dr Aly DIALLO	Maître-Assistant, UASZ, SENEGAL
	Dr Arfang O.k. GOUDIABY	Chercheur, UASZ
	Dr Hassna FOUNOUNE-MBOUP	Chargée de Recherche, ISRA-LNRPV, SENEGAL

DEDICACES

*Je dédie ce travail à mes très chers parents Oumar et Coumba Diallo et à ma feuè sœur Awa
BA.*

Merci pour l'amour et le soutien.

REMERCIEMENTS

Je rends grâce avant tout à Dieu, le Tout Puissant, le Miséricordieux qui m'a donné la force, le courage, la santé et la patience d'accomplir ce travail.

Je tiens à remercier vivement tous les membres de jury d'avoir accepté d'examiner ce travail. Mes remerciements particuliers à l'endroit de Dr. Hassna FOUNOUNE-MBOUP, Dr. Aly DIALLO et Dr. Siré DIEDHIOU d'avoir accepté de diriger ce travail. Mes vifs remerciements vont également à l'endroit de l'ensemble des Enseignants et vacataires du Département d'Agroforesterie pour l'effort consenti pour ma formation. Je veux nommer les Dr. Ngor NDOUR, Dr. Mohamed Mahmoud CHARAHABIL, Dr. Ismaïla COLY, Dr. Djibril SARR, Dr. Antoine SAMBOU, Dr. Boubacar CAMARA, Dr. Ousmane Kémo GOUDIABY, Dr. Saboury NDIAYE, Dr. Ismaïla SOUMARE, Dr. Oulimata DIATTA. Je remercie Dr. Seydou NDIAYE et Dr. Mamadou Abdoul Ader DIEDHIOU.

Mais remerciements vont également à l'endroit des doctorants : Ibrahima BADIANE, Abdoulaye NDIAYE, Amadou FAYE, Yves Paterné SAGNA et Anifan Houtifa Sankoum MANGA pour leurs appuis.

A Dr. Ousmane Kémo GOUDIABY, Dr. Pape Ibrahima DJIGHALY et M. Anifan Houtifa Sankoum MANGA, je vous prie de trouver ici l'expression de ma profonde reconnaissance, mon immense gratitude et mon grand respect pour l'effort consenti, l'implication, la confiance, le soutien et les encouragements.

Je remercie mes collègues de l'ONG ISCOS et en particulier, mon mentor, Mme Wanda DIMITRI, qui fait montre de beaucoup d'estime et de considération à mon égard ainsi que M. Ibrahima CISSE.

Je remercie infiniment le Directeur du CRA de Djibélor et tout le personnel (chercheurs, ouvrier, chauffeurs, stagiaires, gardiens personnel administratif) pour m'avoir accueilli chez eux et mis dans de bonnes conditions pour mener à bien mon travail.

Je me dois aussi d'exprimer mes sentiments de gratitude à tous mes amis qui m'ont soutenu pour le bon déroulement de ce travail : Kémokho MAKANERA, Hamath THIAW, Aziza SY, El Hadji Thierno NGOM, Houleye O WELLE, Hawa BA, Djiby SOW, la 11^{ième} promotion d'Agroforesterie et l'Amicale des Etudiants Ressortissant de Podor à Ziguinchor.

Merci à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'aboutissement de ce document.

TABLE DES MATIERES

DEDICACES	I
REMERCIEMENTS	II
TABLE DES MATIERES	III
SIGLES ET ABREVIATIONS	V
TABLE DES ILLUSTRATIONS	VII
RESUME.....	VIII
ABSTRACT	IX
INTRODUCTION.....	1
CHAPITRE I : SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	3
1.1. Le sol.....	3
1.1.1. Le complexe argilo-humique (CAH), la capacité d'échange cationique (CEC) et le pH	3
1.1.2. Conductivité électrique (CE).....	3
1.2. Généralités sur la salinisation des sols	4
1.2.1. Influence de la salinité sur les paramètres chimiques du sol.....	4
1.2.2. Influence de la salinité sur le rendement des céréales.....	5
1.3. Généralités sur riz (<i>Oriza sativa</i> L.).....	8
1.3.1. Origine et taxonomie	8
1.3.2. Morphologie du riz.....	8
1.3.2.1. Les organes végétatifs	8
1.3.2.2. Les organes reproducteurs	9
1.3.2.3. Stades de développement du riz.....	9
CHAPITRE II : MATERIEL ET METHODES	11
2.1. Présentation de la zone d'étude	11
2.2. Enquêtes socio-économiques	12
2.2.1. Choix des sites et répartition des enquêtés.....	12
2.2.2. L'échantillonnage.....	12
2.2.3. L'administration de l'enquête socio-économique	13
2.3. Matériel végétal.....	13
2.4. Les fertilisants	13
2.5. Mise en place du dispositif expérimental et conduite de l'essai	14
2.5.1. Mise en place du dispositif expérimental.....	14
2.5.2. Conduite de l'essai	15
2.6. Collecte des données	16
2.6.1. Prélèvement des échantillons de sol.....	16
2.6.2. Analyse des échantillons de sol.....	16
2.6.3. Collecte des données agro-morphologiques.....	16

2.7. Traitement et analyse des données :	17
CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION	18
3.1. Résultats	18
3.1.1. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs	18
3.1.2. Répartition spatiale des riziculteurs	18
3.1.3. Causes et conséquences de la baisse des rendements	18
3.1.4. Causes d'abandon et technologies de récupération des terres	20
3.1.5. Méthodes de lutte des producteurs	21
3.1.6. Paramètres du sol	22
3.1.7. Paramètres agronomiques	24
3.2. DISCUSSION	27
CONCLUSION ET PERSPECTIVES	30
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	31
ANNEXE	A

SIGLES ET ABREVIATIONS

ADRAO : Association pour le Développement de la Riziculture en Afrique de l'Ouest

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

ANOVA : Analysis Of Variance (Analyse de la variance)

ANSD : Agence Nationale de la Statistique et de la Démographie

ASSOLUCER : Association pour la Lutte contre l'Exode Rural

BFM : Broyat de feuilles de manguier

C1 : Compost composé de 50% de poudrette coquille d'huitres, 25% de paille de riz et 25% de fiente de volaille

C2 : Compost composé de 50% de poudrette coquille d'huitres, 16,5% de cosse néré et 33,5 de paille de riz

CAH : Complexe Argilo-Humique

CE : Conductivité Electrique

CEDEAO : Communauté Economique des Etats de l'Afrique de l'Ouest

CEC : Capacité D'Echange Cationique

CEFREPADE : Centre Francophone de Recherche sur l'Assainissement, les Déchets et l'Environnement

CMA : Champignons Mycorhiziens Arbusculaires

CRA : Centre de Recherches Agricoles

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

ESP : Exchangeable Sodium Percentage (Pourcentage de Sodium Echangeable)

FM : Engrais Minérale

GRDR : Groupe de Recherche et de Réalisation pour le Développement Rural

INO : Inoculum

INP : Institut National de Pédologie

IR : Indice de Récolte

IRRI : International Rice Research Institute (Institut International de Recherche sur le Riz)

ISRA : Institut Sénégalais de Recherches Agricoles

NET : Nombre d'Epillets Total

NEV : Nombre d'Epillet Vides

NP : Nombre de Panicules

NPK : Azote, Phosphore et Potassium.

NPKSB : Azote, Phosphore, Potassium, Soufre et Bore

NTT : Nombre Total de Talles

ODD : Object du Développement Durable

pH : Potentiel hydrogène

PROGERT : Projet de Gestion et de Restauration des Terres dégradées du Bassin arachidier

SOLAG : Société Languedocienne d'Agrégats

T0 : Témoin

T0i : Etat initial

TIN : Taux d'Infertilité

TR : Taux de Reprise

TS : Taux de Stérilité

TABLE DES ILLUSTRATIONS

Liste des tableaux

Tableau 1. Classes de salinité des sols en fonction de la conductivité électrique (dS.m-1) et les effets observés sur les plantes	4
Tableau 2. Echantillonnage des ménages par village	13
Tableau 3. Composition des formules de composts C1 et C2.....	14
Tableau 4. Variation du pHeau en fonction des traitements et de la profondeur du sol	22
Tableau 5. Variation du pHKCl en fonction des traitements et de la profondeur du sol	23
Tableau 6. Variation de la conductivité électrique (dS.m-1) en fonction des traitements et de la profondeur du sol.....	23
Tableau 7. Variation des paramètres de production du riz en fonction des traitements.....	26

Liste des figures

Figure 1. Schéma d'un plant de riz.....	8
Figure 2. Localisation de la zone d'étude.....	11
Figure 3. Variation annuelle de la pluviométrie à la station de Ziguinchor de 1992 à 2022	12
Figure 4. Fosses compostières contenant les matériaux des formules C1 (a) et C2 (b) (crédit photo M. BA)	14
Figure 5. Schéma du dispositif expérimental	15
Figure 6. Parcelle labourée (a) et parcelle amendée avec du compost (b) (crédit photo M. BA)	16
Figure 7. Sexe ratio (homme/femme) (a) et répartition ethnique (b)	18
Figure 8. Répartition des riziculteurs suivant le type de riziculture.....	18
Figure 9. Schéma récapitulatif des impacts socio-économiques de la baisse des rendements de riz dans la région de Ziguinchor	19
Figure 10. Causes de la régression des rendements	19
Figure 11. Schéma récapitulatif de l'abandon des terres rizicoles dans la région de Ziguinchor	20
Figure 12. Causes d'abandon des terres	20
Figure 13. Efforts de récupération des terres	20
Figure 14. Types de technologie de récupération des terres dégradées	21
Figure 15. Schéma récapitulatif des différentes solutions proposées par les enquêtés	22
Figure 16. Variation de la hauteur des plants en fonction des traitements.....	24

RESUME

La salinisation est l'un des problèmes majeurs causant la perte des terres arables dans le monde. En Basse Casamance, plus d'un tiers des surfaces rizicoles ne sont plus exploitées. Face à la pression démographique, il urge de trouver des solutions pour restaurer la fertilité de ces terres. C'est dans ce contexte que cette étude a été réalisée afin de recueillir la perception des riziculteurs sur la salinisation des terres, de tester l'effet des fertilisants (amendements organiques et chimiques de même que l'inoculation mycorrhizienne) sur les propriétés chimiques du sol et sur le rendement du riz en zone salée. Pour ce faire, une enquête a été menée dans 09 villages de la région de Ziguinchor et un dispositif en blocs de Fisher avec un facteur (amendement organo-minéral) a été mis en place en condition semi-contrôlée dans la station de CRA de Djibélor. Six modalités ou traitements, répétés 4 fois, ont été adoptés : témoin (T0), engrais minéral (FM), inoculation de champignons mycorrhiziens (INO), broyat de feuilles de manguier (BFM) et les composts de formule C1 et C2. L'enquête de 348 ménages, échantillonnés à travers la méthode probabiliste, a révélé qu'il y a une régression des rendements de riz au cours de la dernière décennie (90,60%). Cette baisse serait principalement due aux effets combinés de la salinisation des terres agricoles (78,3%), et de la baisse de pluies (33,1%). Les conséquences directes de la baisse de rendements sont l'augmentation de l'approvisionnement en riz pour 79,10% des enquêtés, une disparition des pratiques agricoles et des variétés (8,40%) des enquêtés et l'exode rurale (7,50%). Les résultats de l'essai ont montré que de 0 à 40 cm de profondeur, en comparaison avec le témoin ($4,03 \pm 0,23$ pour 0-20 cm ; $3,73 \pm 0,12$ pour 20-40 cm), le pH est moins acide avec les apports de compost C1 ($5,38 \pm 0,47$ pour 0-20 cm et $4,66 \pm 0,4$ pour 20-40 cm) et C2 ($5,86 \pm 0,9$ pour 0-20 ; $4,31 \pm 0,43$ pour 20-40 cm). La conductivité électrique est plus basse avec les traitements C1 ($0,90 \pm 0,22$ dS/cm), I ($0,93 \pm 0,21$ dS/cm) et C2 ($1,0 \pm 0,11$ dS/cm) par rapport à la situation avant apport ($1,24 \pm 0,25$ dS/cm) au niveau de la couche 0-20 cm. Par ailleurs, C1 a donné des poids sec aérien ($11161,31 \pm 5029,76$ kg/ha) et rendements en graines ($4426,79 \pm 2648,68$ kg/ha) plus importants par rapport au témoin qui donne des PS.Aériens et Rdt.Graines respectifs de $580,36 \pm 1133,78$ kg/ha et $3945,83 \pm 262,93$ k/ha. Les composts C1 et C2 se sont révélés être les meilleurs amendements pour d'une part réguler la salinité et l'acidité du milieu et d'autres part améliorer les rendements du riz.

Mots clés : salinité, compost, mycorhize, sol, riz, rendement.

ABSTRACT

Salinisation is one of the major problems causing the loss of arable land worldwide. In Lower Casamance, more than a third of rice-growing areas are no longer farmed. In the face of demographic pressure, solutions must be found to restore the fertility of this land. It is against this backdrop that this study was carried out to gather rice growers' perceptions of the salinisation of the land, to test the effect of fertilisers (organic and chemical amendments as well as mycorrhizal inoculation) on the chemical properties of the soil and on rice yields in saline areas. To this end, a survey was conducted in 09 villages in the Ziguinchor region and a Fisher block design with one factor (organic-mineral amendment) was set up under semi-controlled conditions at the Djibélor CRA station. Six modalities or treatments, repeated 4 times, were adopted: control (T0), mineral fertiliser (FM), inoculation of mycorrhizal fungi (INO), mango leaf shred (BFM) and composts of formulae C1 and C2. The survey of 348 households, sampled using the probabilistic method, revealed a decline in rice yields over the last decade (90.60%). This drop was mainly due to the combined effects of salinisation of farmland (78.3%) and reduced rainfall (33.1%). The direct consequences of the drop in yields were an increase in the supply of rice for 79.10% of respondents, a change in farming practices and varieties (8.40%) and rural exodus (7.50%). The results of the trial showed that from a depth of 0 to 40 cm, compared with the control (4.03 ± 0.23 for 0-20 cm; 3.73 ± 0.12 for 20-40 cm), the pH was less acidic with the compost inputs C1 (5.38 ± 0.47 for 0-20 cm and 4.66 ± 0.4 for 20-40 cm) and C2 (5.86 ± 0.9). Electrical conductivity was lower with treatments C1 (0.90 ± 0.22 dS/cm), I (0.93 ± 0.21 dS/cm) and C2 (1.0 ± 0.11 dS/cm) compared with the situation before application (1.24 ± 0.25 dS/cm) in the 0-20 cm layer. In addition, C1 gave higher aerial dry weights (11161.31 ± 5029.76 kg/ha) and seed yields (4426.79 ± 2648.68 kg/ha) than the control, which gave respective PS.Aerien and Rdt.Grains of 580.36 ± 1133.78 kg/ha and 3945.83 ± 262.93 k/ha. The composts C1 and C2 proved to be the best amendments for regulating the salinity and acidity of the environment and improving rice yields.

Key words: salinity, compost, mycorrhiza, soil, rice, yield.

INTRODUCTION

La culture du riz occupe plus de 200 millions d'êtres humains dans le monde qui exploitent annuellement plus de 150 millions d'hectares avec des volumes annuels de plus de 660 millions de tonnes (Trébuil, 2011 ; FAO, 2018). Il s'agit de la culture vivrière la plus importante constituant plus de 20% des calories quotidiennes de plus de 3,5 milliards de personnes dans le monde (Khush, 2013). Cependant, sa culture fait face à la salinisation qui est l'une des causes majeures de perte de terres rizicole à l'échelle du globe. En effet, elle affecte déjà plus de 400 millions d'hectares et en menace gravement une surface équivalente (FAO, 2002). D'après Szablocs (1989), 3,2 millions d'hectares sont sous salinisation à des degrés de sévérité variable. Une bonne partie des terres salées se trouve localisée dans les régions arides et semi-arides du fait des températures élevées durant presque toute l'année, du drainage restreint et des précipitations insuffisantes pour lixivier les sels solubles du sol (FAO, 2002). Selon Handj et al. (1995) cité par Sinoussi (2001), 80,5 millions d'hectares sont affectés par la salinité en Afrique. Ainsi, le Sénégal a perdu 25% de ses terres arables à cause de la salinité avec plus du tiers (soit environ 600 000ha) situés dans la région de la Casamance (INP, 2013).

Face à cette montée de salinisation, la gestion des sols en agriculture est devenue urgente. Les acteurs agricoles font face à deux défis majeurs : assurer la sécurité alimentaire d'une population qui ne cesse de croître et préserver l'environnement. Pour relever ces défis, plusieurs études ont été menées et certaines méthodes de lutte ont été adoptées. Cependant, la plupart de ces études sont réalisées sur la caractérisation de la salinité et de l'acidification des terres (Loyer et al., 1986 ; Boivin, 1991 ; Dasylyva et al., 2019), le dimensionnement des ouvrages et l'impact de la salinité sur les superficies cultivées (Aubrun, Marius et al., 1986 ; Albergel et al., 1992 ; Brunet, 1994 ; Montoroi, 1998 ; Aïdara et al., 2020). Très peu sont menées sur les solutions organiques et/ou agrobiologiques (Bèye, 1973) pour lutter contre la salinisation et l'acidification des terres. D'ailleurs, la plupart des méthodes de lutte mécaniques (digue anti-sel, micro-barrages, labour etc.), biologiques (variétés tolérantes à la salinité), minérales (phosphogypse) et organiques (amendements organiques) (Lacharme, 2001 ; Manzelli et al., 2015 ; Bassene et al., 2020) adoptées sont orientées vers la limitation de nouvelles contaminations de sel et très peu vers la récupération des terres déjà affectées. Malgré tous ces travaux, la quasi-totalité de ces technologies sont difficilement adoptées par les producteurs car méconnues, polluantes ou onéreuses. D'où l'intérêt d'adopter, avec les populations locales, une approche visant à mettre en œuvre des stratégies agroécologiques permettant à moindre coût la récupération des terres. A ce titre, l'usage des amendements organiques comme le compost serait une alternative intéressante. Certains composés organiques à l'image des coquilles d'huître, des cosses de *Parkia Biglobosa* Jacq. (R.Br. ex G.Don) et des feuilles de *mangifera indica* L. pourraient constituer une solution durable. En effet, les coquilles d'huître sont très riches en

éléments tels que le calcium et phosphore, (Bouye et *al.*, 2013). D'après Kambou et *al.* (2000), la poudre des cosses de *Parkia Biglobosa* augmenterait les teneurs en nitrate d'azote et en potassium du sol. Ces matériaux sont retrouvés en grande quantité dans notre zone d'étude (Casamance/Sénégal). D'autres stratégies de lutte biologiques pourraient également être adoptées. En effet, Djighaly et *al.* (2020) ont montré que l'inoculation de plantes en milieu salé avec des champignons mycorhiziens, avait amélioré leur croissance et leur rendement. Il serait dès lors intéressant de déterminer l'effectivité de l'apport des amendements organiques et de la mycorhization des plantes sur l'amélioration de la production de riz. C'est dans ce contexte que cette étude a été menée avec comme objectif général la contribuer à l'amélioration de la production rizicole. Il s'agit spécifiquement :

- d'analyser la dynamique socio-économique de la production du riz et de la lutte contre la salinisation des terres rizicoles,
- de déterminer les effets de l'apport des fertilisants sur le pH et la conductivité électrique du sol salé et sur les paramètres de croissance et de production du riz (War 77) en milieu salé.

Ce mémoire s'articule en trois chapitres que sont la synthèse bibliographique, le matériel et les méthodes et les résultats et la discussion.

CHAPITRE I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

1.1. Le sol

Étant la résultante de facteurs physiques, chimiques et climatiques (Duchaufour, 1984 ; Boulaine, 1989), le sol est la couche superficielle meuble de la lithosphère terrestre. Il est constitué par un mélange de matériaux minéraux et organiques et sert de support aux végétaux plantes (Legros, 2007 ; Manga 2019), Le sol comporte ainsi trois (3) composantes : biologique, chimique et physique (Mahamedi, 2014). Le sol est une matrice réactive qui est composée d'éléments chargés (minéraux et organiques). Ces éléments interagissent entre eux et confèrent au sol des propriétés chimiques qui interviennent, entre autres, dans la nutrition des plantes (Oucif Kecheha et Guetroun, 2019).

1.1.1. Le complexe argilo-humique (CAH), la capacité d'échange cationique (CEC) et le pH

Le complexe argilo-humique ou CAH est le résultat de l'association de l'humus et des argiles. Ces deux éléments s'associent par l'intermédiaire de ponts calciques, d'hydroxydes de fer ou d'aluminium positionnés aux points de rupture des feuillets d'argile (Le Tacon, 1978 ; SOLAG, 2016). Le CAH présente une charge globale négative qui lui permet de fixer des cations (Manga, 2019). Les ions sont retenus sous forme échangeable et sont en équilibre avec la solution du sol. Lorsque la concentration en ions est modifiée dans la solution du sol, certains ions fixés sur le CAH passent en solution (désorption). Ces derniers sont remplacés par d'autres ions présents auparavant dans la solution du sol (adsorption) selon Gobat et *al.* (2010). Ces mouvements déterminent la capacité d'échange cationique ou CEC du sol. D'ailleurs, la charge cationique que peut retenir le complexe adsorbant varie en fonction du pH. Ce dernier donne une indication sur l'activité des protons dans un système sol-eau (pH_{eau}) ou sol-solution saline (pH_{kcl}). Le pH_{eau} permet de déterminer la quantité de protons dissoute alors que le pH_{kcl} mesure la quantité potentielle pouvant être dissoute dans la solution du sol (Kabala et *al.*, 2016).

1.1.2. Conductivité électrique (CE)

La conductivité électrique d'une solution est la conductance de cette solution mesurée entre des électrodes de 1 cm² de surface. Elle permet de déterminer la salinité globale (Baise, 1988). D'après Rober (1996), elle est la principale propriété chimique qui caractérise le sol par rapport à une roche mère qui est le plus souvent dépourvue de sel. Par ailleurs, Wichern et *al.*, (2006) ont montré que l'augmentation de la conductivité électrique du sol (CE) diminue la stabilité structurale, augmente la densité apparente, le pourcentage du sodium échangeable (ESP) et le pH du sol. En plus, les concentrations élevées de sels agissent négativement sur la taille des organismes et l'activité microbiologique. En conséquence, ces sols sont déficients en de nombreux éléments nutritifs tels que le N, P, S, Cu, Mn, Mo et Zn, nécessaires à la vie des plantes (Hanay et *al.*, 2004 ; Wichern et *al.*, 2006).

1.2. Généralités sur la salinisation des sols

La salinisation est la résultante globale de plusieurs processus géochimiques et hydrologiques qui se produisent dans le sol (Marlet et Job, 2006 ; Djamaï et *al.*, 2011). Ces processus dépendent de l'environnement physique et biogéochimique ainsi que des pratiques hydro-agricoles (Aubert, 1983 ; Hamdi-Aissa, 2004). Dans des régions comme la Casamance, le problème de salinisation est causé par les intrusions marines, l'augmentation des températures, la sécheresse des années 1970, etc (Albergel et *al.*, 1992 ; Brunet, 1994 ; Montoroi, 1996 ; Noblet et *al.*, 2018). Cela a provoqué des changements chimiques et minéralogiques dans la couverture pédologique et a entraîné l'augmentation de la salinité des eaux des nappes et des sols (Dacosta, 1989, Aïdara et *al.*, 2020).

1.2.1. Influence de la salinité sur les paramètres chimiques du sol

La salinité a un effet direct sur le pH du sol. En effet, les sels minéraux tel que les cations (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} et Mg^{2+}) et les anions (SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- et CO_3^{2-}) sont à l'origine des fluctuations du pH (Peters et *al.*, 2004). De facto, les cations provoquent l'abaissement du pH (Gottesman, 1989 in Oustani, 2016) et les anions provoquent sa hausse (Oustani, 2016). Ainsi, suivant le type de sel (chlorures, sulfates, carbonates, nitrates...), le pH varie entre 3 et 10 (Legros, 2009). Selon Manga (2019), la disponibilité des éléments chimiques et leurs formes sont fonction du pH et de la salinité. Leurs changements de formes peuvent perturber la physiologie des plantes et celle des micro-organismes selon Badache, (2005). Mis à part ses effets sur le pH, la salinité hausse la conductivité électrique (CE) du sol (Djamaï, 2011). Cette dernière affecte directement la productivité des cultures. En effet, elle modifie la concentration des solutés ionisables présentes dans le sol (Kalyani et *al.*, 2013). Par ailleurs, avec la valeur de la CE du sol il est possible d'en déduire le degré de disponibilité des nutriments mais surtout ses effets sur les plantes (Oustani, 2016). Cela est illustré par le tableau 1 qui montre les effets des classes de salinité en fonction de la conductivité électrique (CE) sur la croissance et la production des plantes (FAO, 1998).

Tableau 1. Classes de salinité des sols en fonction de la conductivité électrique (dS.m-1) et les effets observés sur les plantes (FAO, 1988)

Classes de salinité des sols	Conductivité électrique CE (dS.m ⁻¹)	effets observés sur les plantes
Non salé	0 – 2	Effets négligeables
Faiblement salé	2 – 4	Affecte les rendements des plantes sensibles
Moyennement salé	4 – 8	Chute de rendement pour la plupart des plantes
Fortement salé	8 – 16	Seules les plantes résistantes poussent
Très salé	> 16	Seules quelques plantes très résistantes poussent

1.2.2. Influence de la salinité sur le rendement des céréales

Les sols salés sont caractérisés généralement par des propriétés physiques, chimiques, et biologiques défavorables à la croissance des végétaux (Badache, 2005). En effet, les concentrations excessives de sel ont une action perturbatrice sur la physiologie des plantes. Cette perturbation est soit directe (toxicité) soit indirecte avec l'apparition de désordres nutritionnels (Arbaoui et *al.*, 2000 ; Faye, 2016).

La salinité provoque l'augmentation de la pression osmotique avec une diminution du passage de l'eau dans les tissus des plantes (Schleiff, 1979 ; Loreto, 2003). Ce qui conduit à une réduction de la croissance des cultures (Ben Naceur et Goaid., 2001 ; Loreto et *al.*, 2003 ; Kadri et *al.*, 2009). Chez l'orge par exemple, la salinité ($\geq 6\text{g/L}$) diminue le taux de germination, la croissance et entraîne une chute de la production de biomasse (Masmoudi et *al.*, 2014). On note chez le blé la diminution de la croissance, de l'expansion foliaire et un flétrissement (Hammouya et Djeghbala, 2019). Selon Faye (2016), le sel cause une baisse des performances agronomiques des plants du riz et /ou leur mortalité. Les effets visibles de salinité sur le riz sont : la diminution de la croissance des plants et les brûlures sur le méristème des jeunes plantules. Ces dernières sont généralement très sensibles en condition de stress salin (Flowers et Yeo, 1980). La panicule, les ramifications, la longueur, le nombre d'épillets et le poids sont aussi significativement réduits par la salinité (Ismail et *al.*, 2007).

Les producteurs casamançais sont réputés pour leurs capacités d'aménagement qui permet la pratique de la riziculture en milieu salé (Pélissier, 1966). En matière d'interventions publiques ou privées de lutte contre la salinisation des rizières, plusieurs projets sont mis en œuvre en Casamance (Aïdara et *al.*, 2020). Combinés à l'expérience paysanne, ces projets ont contribué au développement des méthodes diverses et variées de lutte contre la salinité.

1.2.3.1. Stratégies de lutte contre la salinité : les amendements organiques et la mycorhization

a. Composts

Le mot compost vient du latin *compositus*, qui signifie composé de plusieurs choses. Godden (1986) donne une définition du compostage en l'assimilant à un processus de transformation biologique de matériaux organiques divers. Les produits formés sont principalement du CO₂ et un produit stabilisé : le compost mûr (Mustin, 1987 ; Francou, 2003). L'apport de compost pourrait modifier la disponibilité des nutriments dans les bas-fonds salés en relevant le pH. En effet, les travaux de Diatta et *al.* (2019) ont montré la décomposition des amendements organiques entraînent une hausse du pH. Et avant eux, Toundou et *al.* (2014) avaient eu des résultats similaires qui affirmaient que suite à l'enfouissement du compost dans des sols acides, le pH augmente et les éléments nutritifs deviennent plus disponibles. Selon Manga (2019), la matière organique compostée aurait un effet tampon sur le pH et jouerait un rôle fondamental dans le processus de la création et du maintien du complexe argilo-humique. C'est ainsi que sa présence dans un

sol favorise le maintien de sa fertilité et la réduction des pertes de ses substances nutritives (Inckel et *al.*, 2005). Toutefois, le compost n'est pas une source directe de nutriments (Miller et *al.*, 2013). Néanmoins, les amendements organiques stimulent la production de talles chez le riz (Camara et *al.*, 2023). Les résultats de Diatta et *al.* (2019) ont également révélé que le nombre de talles et la biomasse aérienne des plants de riz sont influencés positivement par les amendements organiques. En effet, leur apport favorise le lessivage des sels, le remplacement de l'ion sodium (Na^+) par d'autres ions comme le Ca^{2+} qui modère le milieu (Aïdara et *al.*, 2020). Dès les années 80, Boivin (1984) et Le Brusq et *al.* (1987) avaient conclu que le manque de matière organique dans un sol le rendait vulnérable. C'est pour toutes ces raisons qu'en Basse-Casamance l'utilisation de la fumure organique constitue la pratique la plus répandue pour la conservation de la fertilité et la protection du sol (Sané et Mbaye, 2007). Il ressort de ces études que la baisse de l'acidité des sols augmente la disponibilité des nutriments. Cependant, selon Diatta et *al.* (2019) les amendements organiques enfouis dans un milieu engorgé d'eau pourraient augmenter l'acidité en fin de culture ; d'où la nécessité de faire des études beaucoup plus approfondies sur l'apport de matière organique dans les rizières. Il apparaît donc intéressant de tester des composts enrichis en éléments fixateurs de sels afin d'exploiter au maximum l'effet tampon de la matière organique.

b. Autres amendements utilisés en milieu paysan

Les épandages de fumier, coques d'arachide, résidus de cultures, sciure de bois, ou écailles de poisson à l'approche de l'hivernage, sont une technique pratiquée par la majorité des producteurs du bassin du Sine-Saloum (centre-ouest du Sénégal) pour lutter contre la salinisation des sols (Aïdara et *al.*, 2020). Le principe est le même que celui du compost : favoriser le lessivage des sels, le remplacement de l'ion sodium (Na^+) par un autre cation. En effet, la matière organique favorise le lessivage des sels à travers les acides organiques qui fixent les ions sodium et les entraînent avec les eaux de pluie (N'gom, 1999). L'expérience du PROGERT (Projet de Gestion et de Restauration des Terres dégradées du Bassin arachidier) en 2006 sur les tannes enherbées de Koutal (région de Kaolack) en est une parfaite illustration. Elle a révélé qu'à une dose de deux (02) à quatre (04) tonnes/ha sur sol argileux et de huit (08) à dix (10) tonnes/ha sur sol sableux, la coque d'arachide, de par sa richesse en calcium contribue à la réorganisation de la structure du sol et à l'amélioration de sa fertilité (Aïdara et *al.*, 2020). L'étude de Ndiaye (2009) a montré que le calcium participe à la formation du complexe argilo-humique, à la conservation du sol mais aussi à relever le pH et la disponibilité des nutriments. En effet, la liaison de ces colloïdes par un pont calcique, aluminique ou encore ferrique permet la formation du CAH (Le Tacon, 1978 ; SOLAG, 2016).

c. Amendement en composés chimiques (Phosphogypse et chaux)

Ce sont souvent des amendements composés du gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), de la calcite (CaCO_3) et du chlorure de calcium (CaCl_2) (Makoi et Verplancke, 2010). Actuellement, le phosphogypse est le plus utilisé en

Casamance (Sene et *al.*, 2014). Il est un produit dérivé des phosphates naturels (PN), et un anti-sel efficace dans les vallées rizicoles. Le phosphogypse a une action de remplacement du sodium (Na^+) fixé au complexe absorbant par le calcium (Ca^{2+}) qu'il contient. La structure du sol se trouve améliorée car l'ion Ca^{2+} est plus hydraté que l'ion Na^+ (Sene et *al.*, 2014). Il lessive également l'ion Cl^- et le remplace par le SO_4^- . Le gypse ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) diminue considérablement la percolation en créant des zones de colmatage. Ce produit, appliqué dans des champs de producteurs en moyenne Casamance sous la supervision de l'INP à raison de 1t/ha a augmenté de plus de 50% les rendements de riz (INP & ASSOLUCER, 2009). Cependant, le problème avec le phosphogypse est qu'il contient entre 5 et 10 % de métaux lourds à faible concentration. Il s'agit du plomb (Pb), du cadmium (Cd) et du chrome (Cr). Ces métaux peuvent être toxiques pour les plantes même à faible concentration (Ndiaye, 1999).

De même, la chaux vive est souvent utilisée. L'ajout de cette dernière dans un sol argileux modifie les propriétés chimiques à court et long terme. Il s'agit d'une part, d'une augmentation de la concentration des ions Ca^{2+} qui provoque une modification des charges à la surface des argiles et donc de la CEC avec une agrégation rapide et non orientée des feuillets argileux (Rogers et *al.*, 1996 ; De Baecque, 2020). Et d'autre part, de la libération des ions hydroxyde (OH^-) qui provoque la hausse du pH du milieu. C'est pourquoi, le chaulage est indiqué par de nombreux auteurs (Khouma et *al.*, 1982 ; Dent, 1986) comme méthode de correction du pH des sols sulfatés acides.

d. Utilisation des champignons mycorhiziens à arbuscules (CMA)

Le mot mycorhize désigne les structures formées lors de l'association symbiotique entre les champignons mycorhiziens et les plantes. Il vient du grec *myco* « champignon » et *rhiza* « racine ». Ce terme est introduit en 1885 par le botaniste Albert Bernhard Frank (Djighaly, 2019). Environ 80 % des plantes sont capables d'interagir avec les champignons endomycorhiziens (Wang et Qiu, 2006 ; Smith et *al.*, 2011). Cette association symbiotique aide certaines plantes à s'adapter à des conditions hostiles comme dans les zones salées. Ainsi, il a été observé une croissance plus importante chez des plantes inoculées en condition de stress salin (Sannazzaro et *al.*, 2006 ; Zuccarini et Okurowska, 2008). Des résultats similaires ont été obtenus par Kaya (2009) qui démontre que l'inoculation par *Glomus clarum* de *Capsicum annum* en conditions de stress salin améliore la croissance, le rendement de fruits, la colonisation par le champignon et la teneur en nutriments. Le genre *Glomus* est généralement plus résistant en condition de stress salin (Wang et *al.*, 2004). Les champignons mycorhiziens arbusculaires (CMA) jouent le rôle de barrière contre l'entrée du Na^+ et augmentant l'accumulation des ions Ca^{2+} , Cl^- , K^+ et du phosphore (Plenchette et Duponnois, 2005 ; Hammer et *al.*, 2010). Ils participent également à l'augmentation de l'accumulation de la proline et des polyamines et de certains antioxydants enzymatiques impliqués dans le système de défense de la plante (Evelin et *al.*, 2009). Les CMA sont impliqués dans l'ajustement osmotique ce qui

facilite le maintien de la pression due à la turgescence des feuilles.

1.3. Généralités sur riz (*Oryza sativa* L.)

1.3.1. Origine et taxonomie

Le riz possède deux origines différentes : Asiatique et Africaine. Il appartient aux monocotylédones, à la famille des poacées et à la tribu des oryzées. Il regroupe plusieurs genres dont le plus utilisé en agriculture est le genre *Oryza*. Ce dernier est composé d'*Oryza glaberrima* et *Oryza sativa* constitué de deux groupes principaux (IRRI, 2005).

1.3.2. Morphologie du riz

Le plant de riz comprend deux parties que sont : les organes végétatifs et les organes de reproduction.

1.3.2.1. Les organes végétatifs

La tige ou chaume est composée d'une série de nœuds et d'entre-nœuds. Les entre-nœuds sont creux, avec une surface lisse. Chaque nœud porte une feuille et un bourgeon qui peut se transformer en talle. Les tiges renferment des vaisseaux servant à véhiculer les éléments nutritifs et l'eau absorbés par les racines mais aussi à approvisionner les racines en air (Figure 1, ADRAO, 2011).

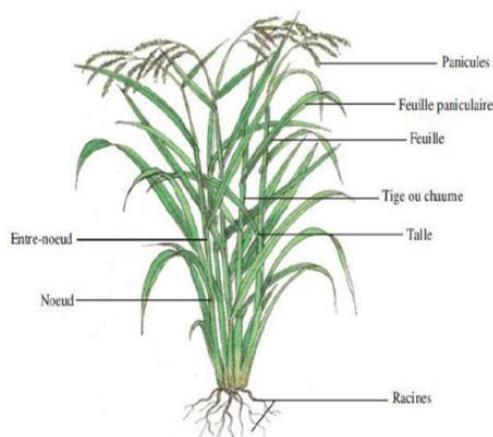


Figure 1. Schéma d'un plant de riz (source : ADRAO, 2011)

Les feuilles se développent alternativement sur la tige, en raison d'une feuille par nœud. La dernière feuille qui enveloppe la panicule est appelée la feuille paniculaire ou feuille drapeau. La feuille permet à la plante de faire la photosynthèse, de respirer et de transpirer (ADRAO, 2011).

Les racines servent à fixer la plante et d'absorber l'eau et les éléments nutritifs contenus dans le sol. Le riz a un système racinaire de type fasciculé et peu profond comme la plupart des graminées (Wopereis, 2008).

I.3.2.2. Les organes reproducteurs

La panicule constitue l'inflorescence du riz. C'est la partie terminale de la plante. Elle est portée par le dernier entre-nœud et composée de ramifications primaires (rachis) et de ramifications secondaires (racémules) portant les épillets. Le nombre de ramifications primaires et secondaires peut être fonction de l'espèce et de la variété. Une panicule peut porter entre 50 et 500 épillets. Il existe des différences entre la longueur, la forme et l'angle des panicules selon les variétés (ADRAO, 2011).

La fleur est autogame ; elle renferme les organes reproducteurs mâles (les anthères contenant le pollen) et les organes femelles (l'ovaire) (ADRAO, 2011).

La graine (paddy) est constituée de trois parties essentielles :

- l'enveloppe comprenant les glumes, les glumelles (paléa et lemma) et le tégument ;
- l'endosperme qui sert de source alimentaire à l'embryon ;
- l'embryon situé sur la partie ventrale de la graine (ADRAO, 2011).

I.3.2.3. Stades de développement du riz

La plante de riz se développe en trois phases :

- la phase végétative : de la germination à l'initiation paniculaire ;
- la phase reproductrice: de l'initiation paniculaire à la floraison ;
- la phase de maturation: de la floraison à la maturité complète.

❖ La phase végétative

La durée de la phase végétative est très variable en fonction de la variété, des conditions climatiques et des pratiques culturales. Elle est affectée chez certaines variétés par la longueur du jour (ou photopériode) et par la température (ADRAO, 2011). Au cours de la phase végétative, la plante traverse les stades suivants :

Stade de Germination (stade 0) : ce stade correspond à la période comprise entre la germination et l'émergence de la première feuille.

Stade de Plantule (stade 1) : le stade plantule correspond à la période comprise entre l'émergence de la première feuille et l'apparition de la 5^{ème} feuille.

Stade de Tallage (stade 2) : le stade tallage correspond à la période comprise entre l'apparition de la 5^e feuille et celle de la première talle. L'accroissement numérique des talles se poursuit jusqu'au tallage maximum. L'on assiste ensuite à une dégénérescence de certaines talles et à une stabilisation du nombre de talles.

Stade de l'élongation du chaume (stade 3) : ce stade correspond à une élongation des entre-nœuds au cours de la période allant du tallage actif à l'initiation paniculaire-montaison (SAED, 2011).

❖ Phase reproductive

Cette phase au cours de laquelle les organes de reproduction sont formés, à une durée variante entre 30 à 35 jours quel que soit la saison et la variété. Elle est cependant très sensible aux conditions défavorables (températures basses, salinité, manque d'eau, etc.). Durant cette phase la plante traverse les stades suivants :

Stade de l'initiation paniculaire (IP) (stade 4) : le déclenchement de l'initiation paniculaire est fonction des variétés et de l'environnement climatique (photopériode et température, particulièrement)

Stade de la montaison (stade 5) : ce stade est caractérisé par un gonflement de la gaine foliaire due à une montée de la panicule à l'intérieur de la tige.

Stade d'épiaison - floraison (stade 6) : l'épiaison commence par l'émergence de la panicule de la gaine de la feuille paniculaire. La floraison commence deux à trois jours après l'épiaison et le processus se poursuit progressivement jusqu'à la sortie complète de la panicule (ADRAO, 2011).

❖ Phase de maturation

Après la pollinisation, l'ovaire gonfle, le caryopse se développe jusqu'à la maturité. La durée de la phase de maturation est de 30 jours environ, quelle que soit la variété et la saison. Durant cette phase de maturation la plante passe par ces stades suivants :

Stade de grain laiteux (stade 7) : le contenu du caryopse (fraction amidon du grain) est d'abord aqueux, puis prend une consistance laiteuse. Les panicules sont toujours vertes et dressées.

Stade de grain pâteux (stade 8) : le contenu de la graine se transforme en pâte dure. La couleur des grains évolue progressivement du vert vers la couleur caractéristique de la variété (jaune paille, noire, etc.). Les panicules sont retombantes et la couleur des graines vire vers le jaune.

Stade maturité (stade 9) : la graine est mûre lorsque le caryopse a atteint sa taille définitive. Il devient dur et prend la couleur définitive de la variété. Le stade de maturité est atteint lorsque 85 à 90% des grains de la panicule sont mûrs (ADRAO, 2011).

CHAPITRE II : MATRIEL ET METHODES

2.1. Présentation de la zone d'étude

L'enquête a été réalisée dans neuf (9) villages répartis dans les trois (3) départements de la région de Ziguinchor en basse Casamance. Il s'agit des villages de Bandial, Enampore, Séleky, Sigantar, Nianbalang, Kabrousse, Affiniam, Diatock et Kartiack. Quant à l'essai, il a été réalisé pendant l'hivernage 2022 au Centre de Recherches Agricoles (CRA) de Djibélor, commune de Niaguis, région de Ziguinchor (Figure 2).

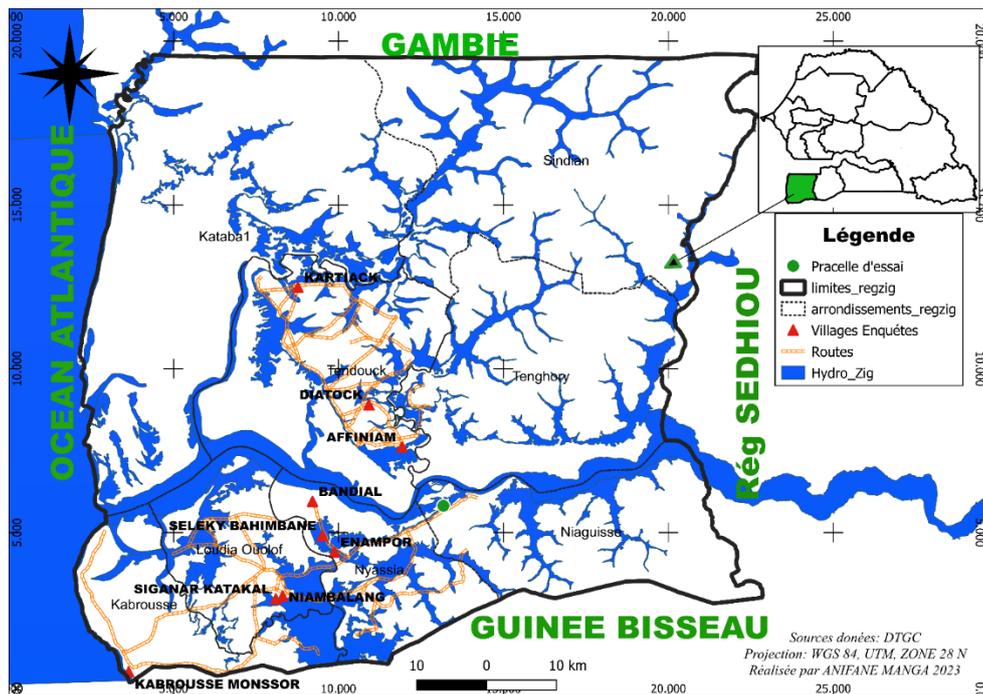


Figure 2. Localisation de la zone d'étude

Il s'agit d'une zone occupée autrefois par la mangrove. Ces sols font partie de la classe des sols halomorphes peu évolués (Charreau et Fauck, 1965). Ils subissent une alternance annuelle d'inondation et d'assèchement induite par les saisons sèche et pluvieuse (Vieillefon, 1977). Ainsi, ces sols sont le lieu de rencontre d'eau douce et d'eau salée et sont soumis à des dépôts perpétuels d'alluvions marins souvent sulfatés (Manga, 2019).

Le climat de la région est du type soudanien côtier, caractérisé par l'existence de 2 saisons : une saison sèche de 8 à 9 mois et une saison pluvieuse de 3 à 4 mois (Sagna, 2005). La zone est caractérisée par une température moyenne annuelle d'environ 27°C (Manga, 2019) avec une pluviométrie variable dont la moyenne annuelle est estimée à 1316 mm (Figure 3 ; ANACIM, 2023).

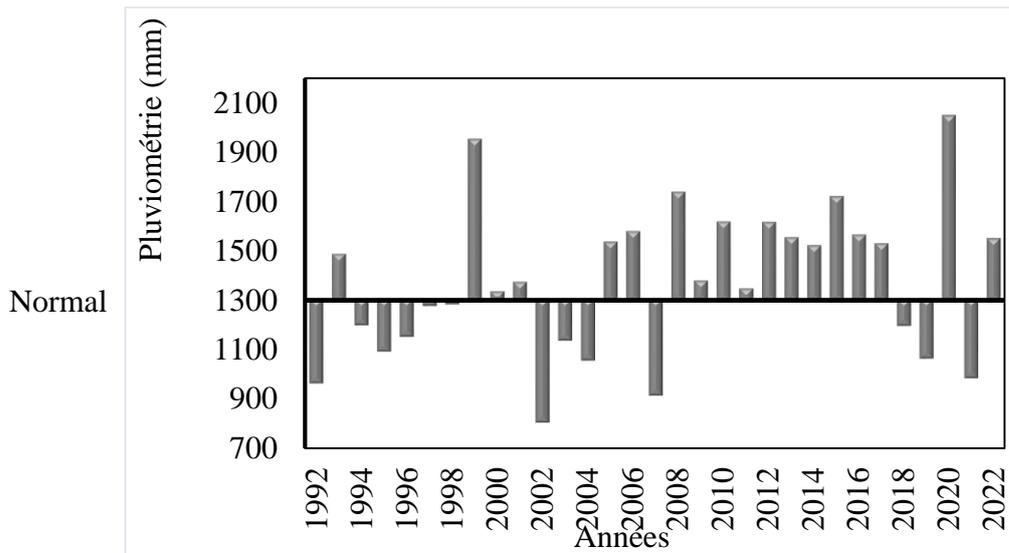


Figure 3. Variation annuelle de la pluviométrie à la station de Ziguinchor de 1992 à 2022 (source : ANACIM,2023)

2.2. Enquêtes socio-économiques

2.2.1. Choix des sites et répartition des enquêtés

Le choix des 9 villages enquêtés (Bandial, Enampore, Séleky, Sigamar, Nianbalang, Kabrousse, Affiniam, Diatock et Kartiack) a été motivé par l'impact négatif de la salinité dans leurs terres, la taille de leurs populations et leurs implications dans la culture rizicole.

2.2.2. L'échantillonnage

Selon l'ANSD (2013), le nombre total de ménages dans ces 9 villages est de 2 652 ménages. La taille de l'échantillon (nf) a été déterminée sur la base du nombre total de ménages des villages à l'aide de la formule de Fischer. Dans le cadre de cette étude, une marge d'erreur de $\varepsilon = 5\%$ a été utilisée pour calculer la taille de l'échantillon.

$$nf = \frac{n}{1+n/N} \quad \text{Avec } n = 1/d^2 = 1/(0,05)^2 = 400$$

nf = taille de l'échantillon ;

d = degré d'erreur = 5% ;

N = nombre total des ménages

$$\text{Application : } nf = \frac{400}{1+400/2652} = 347,57 \approx 348$$

Cette méthode a permis d'avoir un échantillon constitué de 348 ménages ; par la suite, une allocation proportionnelle à la taille de la population du village a permis de déterminer le nombre de ménages à interroger (Tableau 2).

Tableau 2. Echantillonnage des ménages par village (source : ANSD, 2013)

Départements	Villages	Nombre total de ménages	Nombre de ménages échantillonnés
Ziguinchor	Bandial	45	6
	Enampore	116	15
	Séleky	178	23
Oussouye	Siganar	203	27
	Nianbalang	210	28
	Kabrousse	452	59
Bignona	Affiniam	225	30
	Diatock	236	31
	Kartiack	987	129
Total		2 652	348

2.2.3. L'administration de l'enquête socio-économique

L'enquête a été réalisée à l'aide d'un questionnaire comportant à la fois des questions fermées et ouvertes (voir annexe) réalisé sur Sphinx Plus² (V5). Toutes les personnes enquêtées pratiquent ou pratiquaient la riziculture dans des bas-fonds et/ou de plateau. Ce choix orienté a conduit à un échantillon de 348 producteurs repérés dans les neuf (9) villages par la méthode de l'effet boule de neige.

2.3. Matériel végétal

La War 77 a été utilisée comme matériel végétal. Le choix de cette variété est motivé par la durée de son cycle et les courtes saisons de pluies. En effet, elle a un cycle de 130 à 135 jours. Elle est tolérante au sel et cultivée en zone de mangrove, elle donne des rendements variant entre 2,5 et 4 t.ha⁻¹ (CEDEAO et *al.*, 2016).

2.4. Les fertilisants

- **Les composts**

Différents types de matière organique ont été mis à composter selon deux formules de composts C1 et C2, la poudre de coquilles d'huîtres n'a pas été compostée (Tableau 3). Le compostage a été réalisé dans deux fosses compostières de 5m*1,5m*1m pendant deux (2) mois. Les différentes composantes ont été étalées par couche. Après cette opération, les fosses ont été arrosées tous les 3 jours et des retournements ont été effectués tous les 7 jours avec des fourches bêches et des pelles (Figure 4).

Tableau 3. Composition des formules de composts C1 et C2

Composition	Quantités en Kg	
	C1	C2
Fientes de volailles	25%	-
Pailles de riz	25%	33,50%
Poudrette de coquillages concassés	50%	50%
Cosses de <i>Parkia Biglobosa</i>	-	16,50%



Figure 4. Fosses compostières contenant les matériaux des formules C1 (a) et C2 (b) (crédit photo M. BA)

A maturité, les composts ont été passés à travers un tamis de maille 20 mm puis mélangés avec de la poudrette de coquillages d'huîtres à une proportion de ½. Le choix de moudre et d'utiliser les coquilles d'huîtres a été motivé par les études de Sow (2018) et Manga (2019).

Le broyat de feuilles de *Mangifera indica*

Les feuilles des *Mangifera indica* ont été collectées, séchées puis broyées avant d'être appliquées comme amendement au sol.

2.5. Mise en place du dispositif expérimental et conduite de l'essai

2.5.1. Mise en place du dispositif expérimental

Un dispositif en blocs de Fisher a été installé pendant la saison pluvieuse de 2022 sur une superficie de 165,75 m² et composé d'un facteur (fertilisant) avec six (6) modalités que sont :

- ✓ T0, le témoin, sans apport ;
- ✓ FM, la formule minérale, apportée à 200kg.ha⁻¹ 15N-15P-15K + 150 kg/ha Urée 46% N comme recommandée par la recherche ;
- ✓ INO, l'inoculation avec des champignons mycorhiziens à arbuscules, apporté à une dose de 30 g de *Glomus fasciculatum* + 30 g de *Glomus etunicatum* + 30 g de *Glomus agregatum* ;
- ✓ BFM, le broyat de feuilles de *Mangifera indica*, apporté à une dose de 7,5 t/ha soit 1,5 Kg/2m²;
- ✓ C1, le compost de la formule C1, apporté à une dose de 7,5 t/ha soit 1,5 Kg/2m² ;

✓ C2, le compost de la formule C2, apporté à une dose de 7,5 t/ha soit 1,5 Kg/2m².

Les traitements ont été répétés quatre (4) fois et 4 blocs ont été constitués (Figure 5).

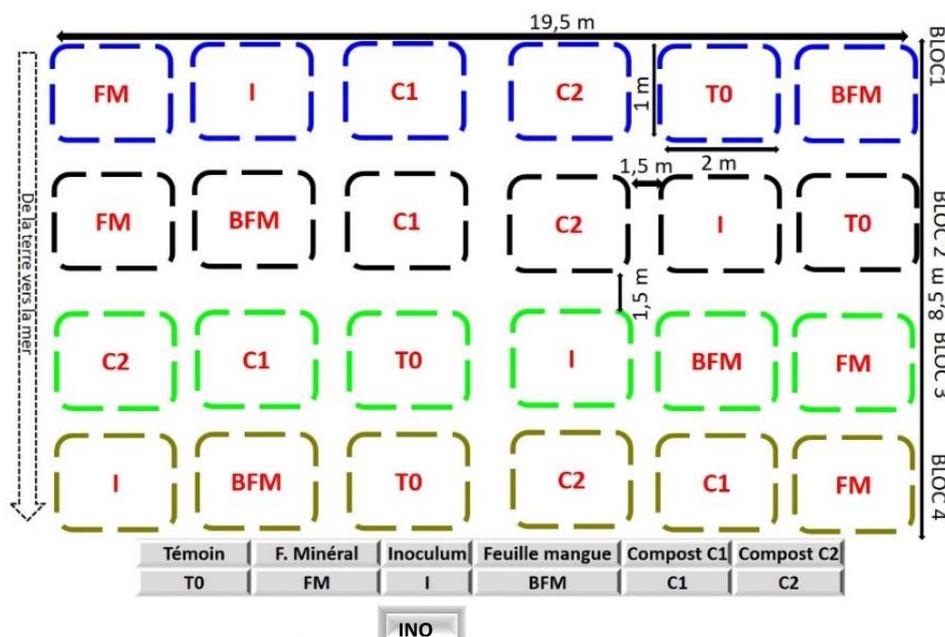


Figure 5. Schéma du dispositif expérimental

La répartition des traitements dans les parcelles a été effectuée de manière aléatoire pour chaque bloc à l'aide de la table de permutations aléatoires des nombres de 1 à 10 (Dagnelie, 1982). Les parcelles élémentaires ont eu 2 m de longueur sur 1 m de largeur soit une superficie de 2 m². L'espace inter-parcelles et entre les blocs a été de 1,5 m.

2.5.2. Conduite de l'essai

2.5.2.1. Préparation de la pépinière

A 25 jours avant le repiquage, les grains de riz ont été semés à la volée sur trois (3) planches de pépinières de 1,5m² au CRA de Djibélor. Au préalable, l'une des planches avait été inoculée par épandage de l'inoculum mycorhizien. Cette planche a été isolée des autres par une feuille de zinc et des piquets pour éviter toute contamination.

2.5.2.2. Préparation du terrain et repiquage

Les travaux de préparation de terrain ont consisté à un labour à plat à l'aide d'un « kadiandou » et à une confection des diguettes de 40 cm de hauteur entourant les parcelles élémentaires pour éviter qu'elles se contaminent entre elles mais également pour retenir l'eau dans ces parcelles (Figure 6a). Une semaine avant le repiquage, les composts C1, C2 et le broyat de feuilles de manguiers ont été épandus puis enfouis (Figure 6b). Ce travail a été suivi du repiquage avec des écartements de 0,20 m x 0,20 m à raison d'un plant par poquet donnant ainsi 10 lignes de 5 plants. Des opérations de sarclage ont été effectuées au besoin tout au long de l'essai. Au 16^{ième} jour après repiquage (JAR), une quantité estimée à 60% d'urée a été apportée et les 40% restant ont été apportés au 60^{ième} JAR.



Figure 6. Parcelle labourée (a) et parcelle amendée avec du compost (b) (crédit photo M. BA)

2.6. Collecte des données

2.6.1. Prélèvement des échantillons de sol

Des prélèvements d'échantillons de sol suivant un dispositif croisé par parcelle unitaire (quatre extrémités et au centre) ont été effectués à l'aide d'une tarière. Puis ces derniers ont été mélangés pour avoir des échantillons composites. Ces prélèvements ont été effectués sur cinq profondeurs représentant les couches de sol : 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-80 cm et 80-100 cm. Ils ont été effectués en 2 phases : avant l'apport d'amendement et le jour de la récolte du riz à maturité. Les prélèvements avant traitement ont été effectués par blocs tandis que ceux pris après à la récolte ont porté sur chaque parcelle. Après chaque prélèvement, les échantillons ont été mis dans des sachets en plastique et acheminés au laboratoire de la CRA de Djibélor où ils ont été séchés et conditionnés.

2.6.2. Analyse des échantillons de sol

Le pH et la conductivité électrique ont été déterminés pour toutes les 5 profondeurs en utilisant la méthode de Faraoun et Bénabdèli (2010). L'analyse du degré de salinité des sols a été basée sur l'interprétation de leur conductivité électrique (CE) suivant les normes de Durand (1983).

2.6.3. Collecte des données agro-morphologiques

Des carrés de rendement de $0,96 \text{ m}^2$ ($1,6 \times 0,6 \text{ m}^2$) ont été délimités au sein desquels les données agro-morphologiques ont été collectées.

❖ Hauteur des plants

Elle a été mesurée sur 10 plants tirés au hasard dans le carré de rendement à la récolte à l'aide d'une règle graduée. En effet, un tirage a été effectué dans une boîte contenant les numéros des plants.

❖ Taux d'infertilité des talles

Le nombre total de talles (NTT), et le nombre de panicules (NP) par m^2 ont été évalués sur 5 plants pris au hasard dans le carré de rendement. Ainsi le taux de talles infertiles (TIN) a été évalué en utilisant la formule suivante :

$$TIN = \frac{NTT - NP}{NTT} * 100$$

❖ Taux de stérilité

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 total d'épillets (NET) et le nombre d'épillets vides (NEV) par traitements ont été comptés et le taux a été déterminé avec la formule ci-après :

$$\text{Taux de stérilité} = \frac{\text{Nombre d'épillets vides}}{\text{Nombre total d'épillets}} \times 100$$

❖ Poids sec aérien

Les tiges et les feuilles ont été prélevées sur 10 individus au niveau du carré de rendement puis séchées 10 jours au soleil avant d'être pesées à l'aide d'une balance électronique de précision 0,001.

❖ Poids des 1000 graines et le rendement en grains

Le **poids des 1000 grains** a été obtenu en pesant mille (1000) grains collectés à maturité sur 10 plants par traitement à l'aide d'une balance électronique de précision 0,0001.

Quant au **rendement**, il a été déterminé en utilisant la formule de Lacharme, (2001)

$$\text{Rendement} = NP/ha \times NT/P \times Npa/T \times NG/Pa \times PG$$

Avec NP/ha = nombre de plants/hectare = NP/m² x 10 000

NT/P = nbre de talles/pieds ; NPa/T = nombre de panicule/talle ; NG/Pa = nombre de grains/panicules ;

PG = poids d'un grain

2.7. Traitement et analyse des données :

Les données de l'enquête ont été traitées avec le logiciel Sphinx Plus version 5biniz. Quant aux données de l'essai expérimental, elles ont été analysées à l'aide du logiciel R version 4.2. Les variances ont été comparées à l'aide d'une analyse de variance (ANOVA). Par la suite, le test de Fisher a été utilisé pour les paramètres ayant une distribution normale et pour ceux ayant une distribution anormale, le test de Kruskal-Wallis a été utilisé.

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

3.1. Résultats

3.1.1. Caractéristiques sociodémographiques des producteurs

Sur un échantillon de 348 ménages, il y a eu 56 % d'hommes et 44 % de femmes (Figure 7a) chefs de ménages. La majeure partie des personnes enquêtées sont de l'ethnie « Diola » (94,10%) (Figure 7b).

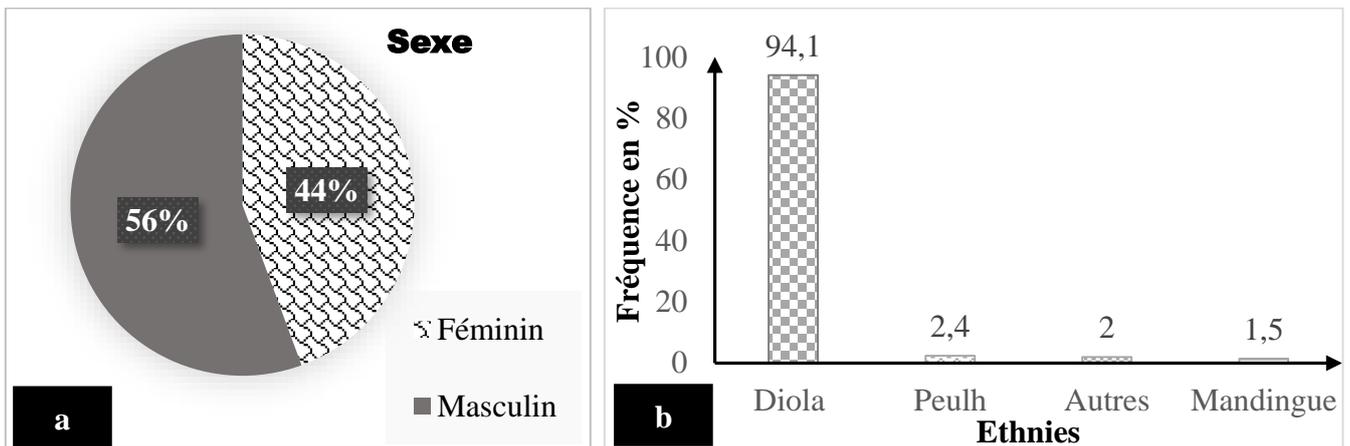


Figure 7. Sexe ratio (homme/femme) (a) et répartition ethnique (b)

3.1.2. Répartition spatiale des riziculteurs

La répartition de la population enquêtée suivant les types de riziculture est assez inégale. En effet, dans la région de Ziguinchor, 97,10% de la population enquêtée cultivent le riz dans les bas-fonds. En revanche, la riziculture de plateau est pratiquée par 33,10% des producteurs (Figure 8).

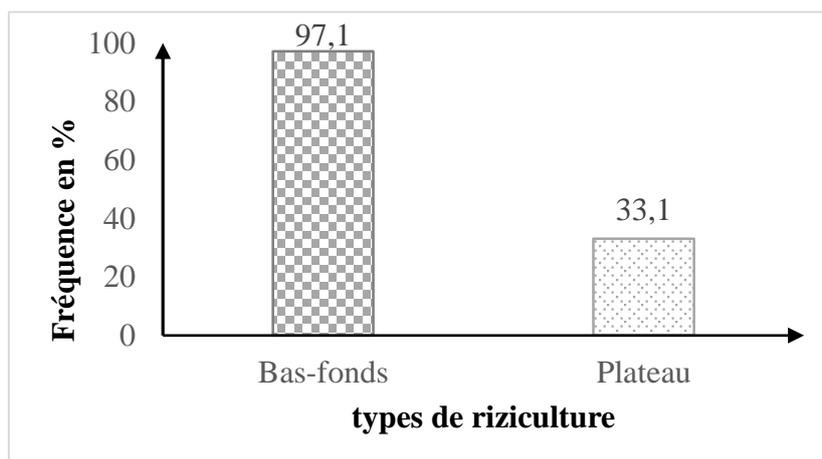


Figure 8. Répartition des riziculteurs suivant le type de riziculture

3.1.3. Causes et conséquences de la baisse des rendements

Il y a eu 5,30% des producteurs qui ont affirmé que les rendements ont augmenté et 4,10% qui n'ont pas constaté d'évolution de rendements (Figure 9) au cours des dix (10) dernières années. A l'inverse, 90,60%

des producteurs enquêtés affirment qu'il y a une forte régression des rendements. Ce qui a engendré plusieurs conséquences néfastes dont les plus marquantes sont : une augmentation des dépenses quotidiennes pour l'achat de riz importé (79,10%), un abandon des pratiques agricoles et des variétés (8,40%) et l'exode rurale (7,50%).

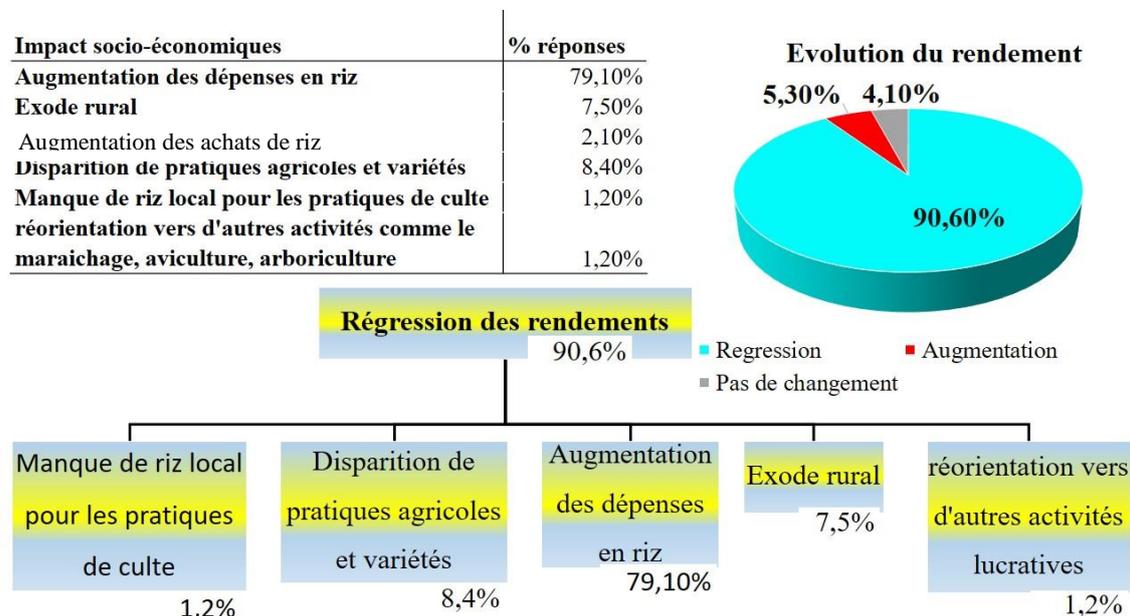


Figure 9. Schéma récapitulatif des impacts socio-économiques de la baisse des rendements de riz dans la région de Ziguinchor

Il ressort de l'analyse de la figure 10 que la baisse des rendements rizicoles serait principalement due aux effets combinés de la salinisation des terres agricoles (78,3%) et de la baisse des pluies (33,1%). Pour d'autres, elle est induite par le manque de main d'œuvre (22,0%) et d'entretien des terres (17,9%). Les autres causes (18,8%) également signalées par les enquêtés concernent les oiseaux ravageurs (6,70%), la divagation des animaux (6,40%) et les impacts du barrage d'Affiniam (5,80%).

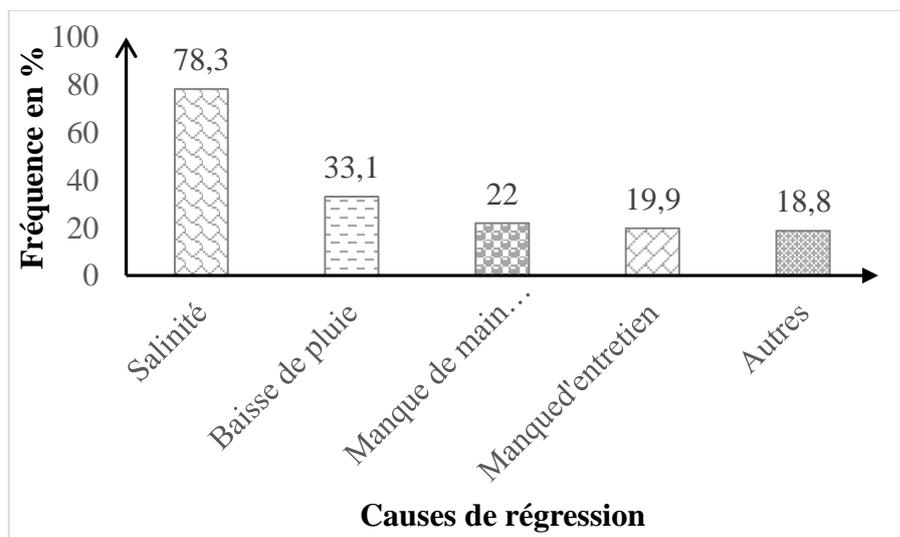


Figure 10. Causes de la régression des rendements

3.1.4. Causes d'abandon et technologies de récupération des terres

Dans la région de Ziguinchor, 92,06% des producteurs ont abandonné des parcelles agricoles qu'ils cultivaient auparavant (Figure 11). Certains (78,8%) ont même abandonné plus de la moitié de leurs terres arables. Il est à noter que 96,2% des producteurs ont abandonné leurs terres de bas-fond.

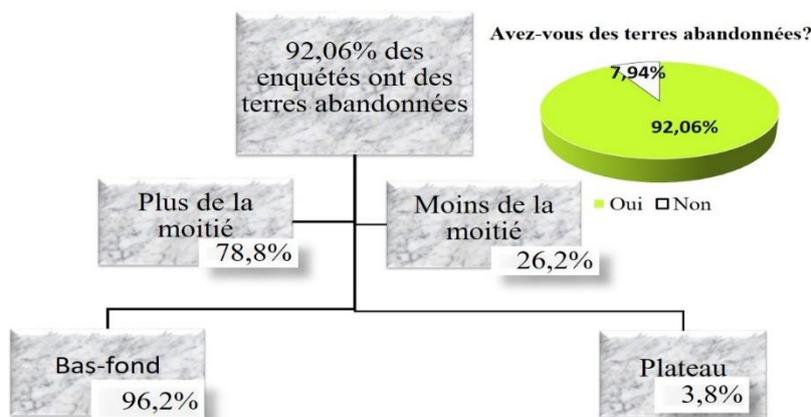


Figure 11. Schéma récapitulatif de l'abandon des terres rizicoles dans la région de Ziguinchor

Selon les enquêtés (Figure 12), l'abandon des terres agricoles dans la région serait principalement dû à la salinisation des rizières (71,60%) et au manque de main d'œuvre (36,10%).

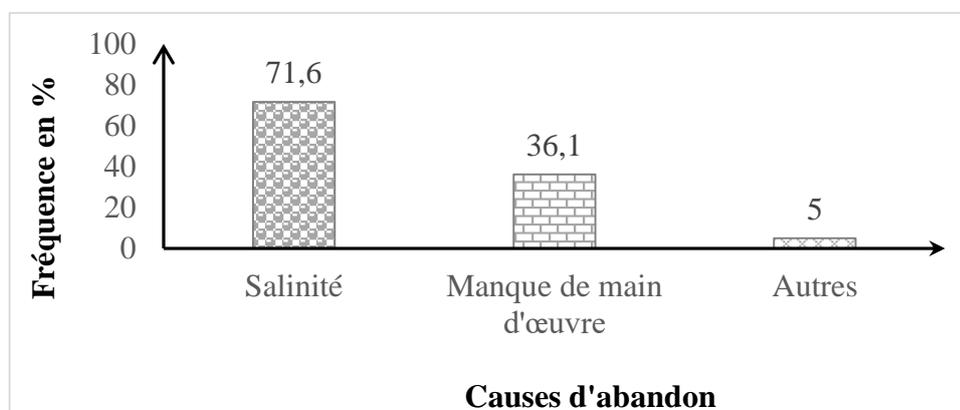


Figure 12. Causes d'abandon des terres

Contraints d'abandonner leurs terres face à la salinisation accrue, 55% des producteurs interrogés ont entrepris des actions pour tenter de récupérer leurs parcelles dégradées (Figure 13).

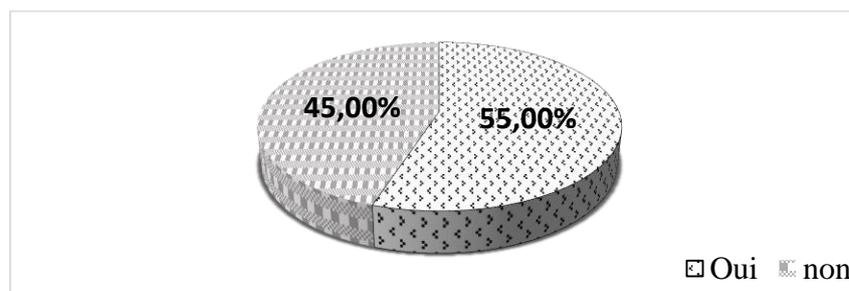


Figure 13. Efforts de récupération des terres

Pour ce faire, la plupart (43,1%) des riziculteurs ont recours aux amendements organiques (Figure 14). D'autres (8,6%) érigent des digues anti-sel tout en réaménageant les diguettes dans les parcelles avec des canaux de drainage.

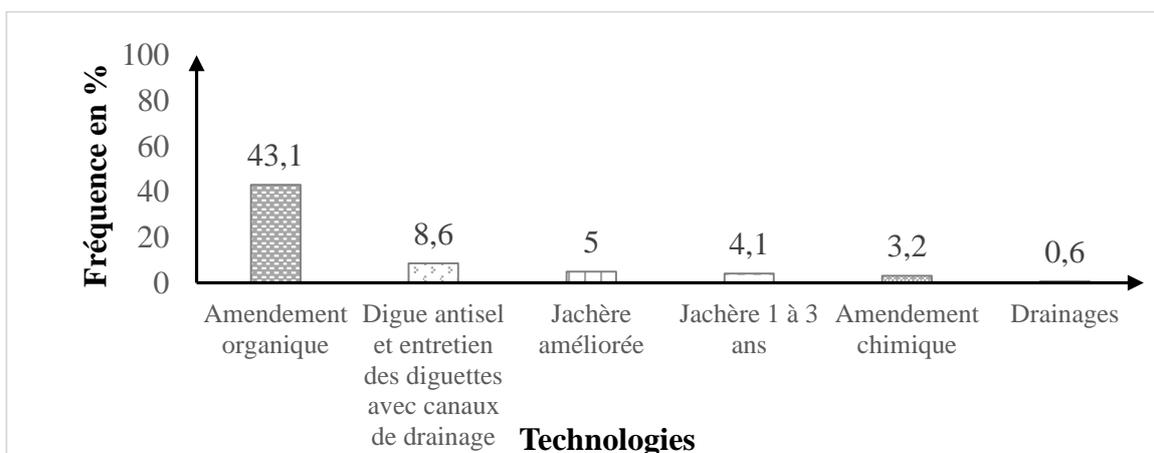


Figure 14. Types de technologie de récupération des terres dégradées

3.1.5. Méthodes de lutte des producteurs

Face à la dégradation des sols salés, diverses solutions d'ordre biologique, mécaniques ont été proposées par les producteurs (Figure 15). La plupart des enquêtées (50,4%) pensent qu'une lutte mécanique en mettant en place des digues anti-sel tout en les entretenant ou encore en faisant des drainages serait la solution pour venir à bout du problème de salinisation. D'autres (15,6%) optent pour une lutte organo-biologique par des amendements organiques (pailles de riz, coques d'huîtres, coques d'arachides, cosses de néré, feuilles de manguiers, fientes de volailles...) ou par l'utilisation de variétés tolérantes aux sels ou encore par la phytoremédiation (plantation d'arbres capables de réduire les sels). Certains producteurs associent les technologies de lutte biologique, mécanique (7,3%) ou biologique et organique (0,7%). Par ailleurs, 2,1% des producteurs voudraient que l'Etat du Sénégal s'implique davantage dans la lutte contre la salinisation des rizières en ayant des politiques efficaces de lutte contre la coupe de la mangrove, en aménageant le barrage d'Affiniam ou dans le cas extrême en l'éliminant (Figure 15).

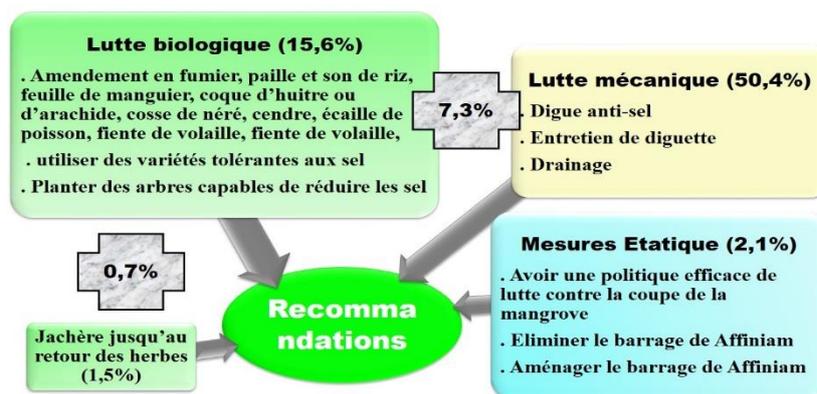


Figure 15. Schéma récapitulatif des différentes solutions proposées par les enquêtés

3.1.6. Paramètres du sol

- Le pH

L'analyse de variance du pH_{eau} a montré une différence significative ($p < 0,001$) entre les traitements au niveau des couches superficielles en l'occurrence de 0-20 cm et 20-40 cm ($p = 0,013$) (Tableau 4). En effet, de 0 à 40 cm de profondeur l'acidité du sol est réduite de façon significative par les apports en compost C1 ($5,38 \pm 0,47$ pour 0-20 cm et $4,66 \pm 0,4$ pour 20-40 cm) et C2 ($5,86 \pm 0,9$ pour 0-20 cm et $4,31 \pm 0,43$ pour 20-40 cm) par rapport au témoin ($4,03 \pm 0,23$ pour 0-20 cm ; $3,73 \pm 0,12$) et la situation avant apport ($4,42 \pm 0,04$ pour 0-20 cm et $3,93 \pm 0,09$ pour 20-40 cm).

Tableau 4. Variation du pH_{eau} en fonction des traitements et de la profondeur du sol

Profondeur du sol (cm)	Valeurs du pH_{eau}				
	0_20	20_40	40_60	60_80	80_100
Traitements					
BFM	$4,22 \pm 0,15^{b*}$	$3,87 \pm 0,03^{bc}$	$3,55 \pm 0,1^a$	$3,48 \pm 0,14^a$	$3,55 \pm 0,02^a$
C1	$5,38 \pm 0,47^a$	$4,66 \pm 0,4^a$	$3,59 \pm 0,05^a$	$3,45 \pm 0,11^a$	$3,55 \pm 0,25^a$
C2	$5,86 \pm 0,9^a$	$4,31 \pm 0,43^{ab}$	$3,71 \pm 0,16^a$	$3,49 \pm 0,11^a$	$3,47 \pm 0,13^a$
FM	$4,58 \pm 0,2^b$	$4,14 \pm 0,42^{bc}$	$3,75 \pm 0,1^a$	$3,52 \pm 0,13^a$	$3,32 \pm 0,18^a$
INO	$4,37 \pm 0,28^b$	$3,73 \pm 0,21^c$	$3,5 \pm 0,05^a$	$3,47 \pm 0,19^a$	$3,5 \pm 0,21^a$
T0	$4,03 \pm 0,23^b$	$3,73 \pm 0,12^c$	$3,63 \pm 0,16^a$	$3,59 \pm 0,09^a$	$3,35 \pm 0,12^a$
T0i	$4,42 \pm 0,04^b$	$3,93 \pm 0,09^{bc}$	$3,79 \pm 0,11^a$	$3,65 \pm 0,07^a$	$3,37 \pm 0,17^a$
Valeur P	$< 0,001^{***}$	$0,013^*$	0,060	0,364	0,461

* Sur une même colonne, les valeurs présentant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (Test de Fisher LSD, seuil 5%)

La variation du pH_{KCl} en fonction des traitements et de la profondeur du sol avant et après l'apport des fertilisants est consignée dans le tableau 5. Il y'a une différence significative ($p = 0,001$) entre les traitements au niveau de la couche 0-20 cm. En effet, au niveau de la couche 0-20 cm l'acidité du sol est significativement réduite par les composts C2 ($5,38 \pm 0,95$) et C1 ($4,92 \pm 0,5$) par rapport au témoin

(3,81±0,14) et la situation initiale (3,91±0,23).

Tableau 5. Variation du pH_{KCl} en fonction des traitements et de la profondeur du sol

Profondeur du sol (cm)	Valeurs du pH _{KCl}				
	0_20	20_40	40_60	60_80	80_100
Traitements					
BFM	3,86±0,06 ^{b*}	3,79±0,6 ^a	3,25±0,07 ^a	3,23±0,07 ^a	3,28±0,03 ^a
C1	4,92±0,5 ^a	3,68±0,19 ^a	3,24±0,09 ^a	3,2±0,06 ^{ab}	3,13±0,09 ^a
C2	5,38±0,95 ^a	3,75±0,42 ^a	3,37±0,12 ^a	3,25±0,09 ^a	3,27±0,04 ^a
FM	3,8±0,22 ^b	3,28±0,12 ^a	3,15±0,17 ^a	3,15±0,08 ^a	3,21±0,03 ^a
INO	3,94±0,2 ^b	3,42±0,14 ^a	3,22±0,04 ^a	3,18±0,03 ^a	3,23±0,15 ^a
T0	3,81±0,14 ^b	3,41±0,12 ^a	3,25±0,05 ^a	3,23±0,04 ^a	3,16±0,10 ^a
T0i	3,91±0,23 ^b	3,51±0,04 ^a	3,47±0,05 ^a	3,32±0,04 ^a	3,12±0,09 ^a
Valeur de P	0,001**	0,333	0,058	0,078	0,214

*Sur une même colonne, les valeurs présentant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (Test de Fisher LSD, seuil 5%)

- **La conductivité électrique (CE)**

L'analyse du tableau 6 montre qu'il y'a une différence significative entre les différents traitements au niveau de la couche 0-20 cm (p=0,003). Il ressort de l'analyse du tableau que de 0 à 20 cm de profondeur, la CE du sol est plu faible avec les apports de composts C1 (0,90±0,22), I (0,93±0,21) et C2 (1,0±0,11) par rapport au témoin (1,7±0,38) et la situation initiale (1,24±0,25). Pour la profondeur allant de 20 à 100 cm, il n'y aucune différence significative (p>0,064).

Tableau 6. Variation de la conductivité électrique (dS.m-1) en fonction des traitements et de la profondeur du sol

Profondeur du sol (cm)	Valeurs de la conductivité électrique (d.Sm ⁻¹)				
	0_20	20_40	40_60	60_80	80_100
Traitements					
BFM	1,01±0,18 ^{c*}	1,11±0,1 ^a	2,34±0,45 ^a	2,4±0,93 ^a	1,9±0,1 ^a
C1	0,90±0,22 ^c	1,19±0,28 ^a	1,71±0,29 ^a	2,86±0,65 ^a	2,25±0,43 ^a
C2	1,0±0,11 ^c	1,49±0,29 ^a	1,96±0,29 ^a	2,38±0,25 ^a	2,51±0,43 ^a
FM	1,64±0,26 ^{ab}	1,97±0,49 ^a	1,74±0,6 ^a	1,86±0,74 ^a	2,23±0,32 ^a
I*	0,93±0,21 ^c	1,2±0,24 ^a	1,96±0,25 ^a	1,99±0,55 ^a	2,14±0,38 ^a
T0	1,7±0,38 ^a	1,67±0,49 ^a	2,14±0,5 ^a	1,68±0,42 ^a	2,1±0,23 ^a
T0i	1,24±0,25 ^{bc}	1,39±0,24 ^a	1,56±0,17 ^a	1,58±0,11 ^a	1,98±0,37 ^a
Valeur de P	0,003**	0,064	0,250	0,177	0,377

*Sur une même colonne, les valeurs présentant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (Test de Fisher LSD, seuil 5%)

3.1.7. Paramètres agronomiques

Le test de Kruskal-Wallis montre qu'il y a une différence significative entre les hauteurs des plants issus de différents traitements ($p=0,000$). Cependant, seuls les plants ayant reçu du compost C1 et l'engrais minéral se sont distingués des plants témoins. En termes de valeur statistique le compost C1 donne la hauteur moyenne la plus élevée ($99,67\pm 15,06$ cm) par rapport au témoin ($T0=79,07\pm 3,04$ cm) et l'engrais minéral la plus faible ($FM=34,4\pm 10,76$ cm) (Figure 16).

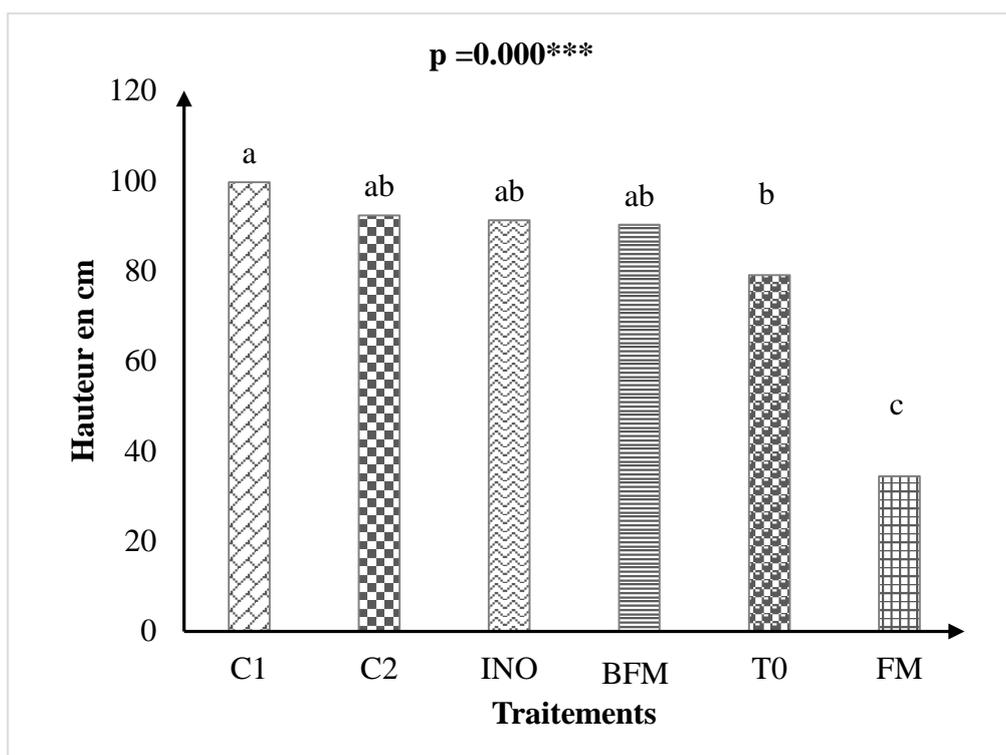


Figure 16. Variation de la hauteur des plants en fonction des traitements

**Les traitements affectés d'une même lettre ne sont pas statistiquement différents au seuil de 5% selon le test de Kruskal-Wallis*

Le tableau 7 représente l'évolution des paramètres de production de plants en fonction des traitements. Le test de comparaison des moyennes montre une différence significative du poids sec aérien (PS.Aerien) et du rendement en graines (Rdt.Graines) et le taux de stérilité (TS) des plants issus des traitements ($p \leq 0,041$). Il ressort de l'analyse du tableau que seul le compost C1 augmente de 94,8 % le poids sec aérien (PS.Aerien= $11161,31\pm 5029,76$ kg/ha) et de 12% le rendement (Rdt.Graines= $4426,79\pm 2648,68$ kg/ha) comparé au témoin qui donne un poids sec aérien et un rendement en graines respectifs de $580,36\pm 1133,78$ et $3945,83\pm 262,93$ kg/ha.

En revanche, pour le taux de stérilité (TS) il n'y a que les plants fertilisés avec l'engrais minéral qui se distinguent des plants témoins ($T0=53,38\pm 15,96\%$) en donnant la moyenne de graines stériles la plus élevée en valeur absolue ($FM=72,09\pm 2,78\%$).

De même, pour les taux d'infertilité (TIN) le test de Kruskal-Wallis montre une différence significative

entre les traitements ($p=0,004$). En effet, par rapport au témoin ($T0=24,14\pm 6,61\%$) l'engrais minérale (FM= $47,77\pm 3,68\%$) a donné beaucoup plus de graines infertiles et le broyat beaucoup moins (BFM= $6,06\pm 1,84\%$).

Par ailleurs, en ce qui concerne l'indice de récolte (IR), l'ANOVA montre qu'il n'y a aucune différence suivant les traitements ($p=0,438$). De même, le test de Kruskal-Wallis ne montre aucune différence significative ($p\geq 0,177$) concernant les taux de reprise (TR) et le poids des 1000 graines. Néanmoins, le compost C1 et l'inoculum (INO) ont donné les meilleures performances en taux de reprise (TR= $100\pm 0\%$). L'engrais chimique (FM) a donné le poids moyen de 1000 graines le plus faible en termes de valeur absolue avec $17,41 \pm 4,76$ g et le compost C1 la plus élevée avec $25,08 \pm 0,97$ cm.

Tableau 7. Variation des paramètres de production du riz en fonction des traitements

Traitements	PS.Aerien (Kg.ha ⁻¹)	Rdt.Graines (Kg.ha ⁻¹)	TS (%)	TIN (%)	TR (%)	IR	Pds 1000Graines (g)
BFM	6533,33±1972,27 ^{ab*}	1623,22±12,37 ^{bc}	35,5±6,46 ^b	6,06±1,84 ^c	84±27,71 ^a	0,2±0,05 ^a	21,37±2,57 ^a
C1	11161,31±5029,76 ^a	4426,79±2648,68 ^a	40,28±15,72 ^b	20,22±8,2 ^{bc}	100±0 ^a	0,28±0,03 ^a	25,08±0,97 ^a
C2	8276,19±2732,14 ^{ab}	3220,24±977,69 ^{ab}	45,16±12,28 ^b	14,04±8,6 ^{bc}	96±6,93 ^a	0,24±0,06 ^a	24,44±2,34 ^a
FM	1333,95±209,43 ^c	506,17±130,07 ^c	72,09±2,78 ^a	47,77±3,68 ^a	99,89±0,19 ^a	0,27±0,07 ^a	17,41±4,76 ^a
INO	8800,60±3076,49 ^{ab}	2975,6±2179,01 ^{abc}	49,19±13,84 ^b	19,51±18,94 ^{bc}	100±0 ^a	0,23±0,09 ^a	23,41±2,63 ^a
T0	3945,83±1133,78 ^{bc}	580,36±262,93 ^c	53,38±15,96 ^{ab}	24,14±6,61 ^b	94±10,39 ^a	0,18±0,07 ^a	21,08±5,87 ^a
Valeur P	0,012*	0,035*	0,041*	0,004**	0,597	0,438	0,177

*Sur une même colonne, les valeurs présentant les mêmes lettres ne sont pas statistiquement différentes (Test de Kruskal-Wallis, seuil 5%)

3.2. DISCUSSION

- **Perception des populations sur la salinisation des terres**

L'enquête sur les caractéristiques socio-économiques des producteurs de Ziguinchor révèlent que la riziculture est plus répandue chez les « Diola » (94,10% des enquêtées). Elle est plus pratiquée par les hommes (56 %) que par les femmes (44 %). Ces résultats seraient liés d'une part au fait que les pratiques pénibles comme le labour sont exclusivement plus pratiquées par les hommes chez les « Diolas ». Ce qui corrobore les résultats de diverses auteures qui ont trouvé que le labour par billonnage nécessitant beaucoup d'effort physique est pratiqué par les hommes (GRDR, 2009 ; Mendy, 2019 ; Diédhiou et *al.*, 2021). D'autre part, le chef de ménage est plus souvent un homme chez les « Diolas ». Ces résultats ne sont pas en phase avec ceux de Diatta et *al.* (2022) qui ont trouvé qu'il y'a plus de femmes (55%) que d'hommes (45%) intervenant dans les activités rizicoles à Enampore. Ces divergences pourraient être liées à la taille de l'échantillonnage, à la période d'exécution de l'enquête mais surtout à la méthodologie utilisée. En effet, dans cette étude la cible principale était le chef de ménage qui, il faut le rappeler, est le plus souvent un homme.

Par ailleurs, la riziculture se pratique principalement dans les bas-fonds (97,10%) à Ziguinchor. Cependant, il y a une forte régression des rendements, qui serait principalement due aux effets combinés de la salinisation des terres agricoles pour 78,3% des producteurs. Ces résultats sont en phase avec ceux d'Albergel et *al.* (1992) et d'Abdourahmane, (2018). Selon ces auteurs, la baisse de la production de riz en Casamance est due principalement à la salinisation des terres arables. En effet, plusieurs facteurs concourent à la salinisation des sols en Basse Casamance. Entre autres facteurs il y a les intrusions marines dans le fleuve Casamance, la baisse de la pluviométrie et l'augmentation des températures conséquentes au changement climatique (Albergel et *al.*, 1992 ; Brunet, 1994 ; Montoroi, 1996 ; Noblet et *al.*, 2018).

Faces à ces contraintes 92,06% des producteurs finissent par abandonner une partie de leurs rizières et ce sont souvent ce sont les terres de bas-fond (96,2%) qui sont abandonnées. Ces résultats sont en phase avec ceux de Descroix et *al.* (2016). Ces derniers avaient conclu que la diminution de la pluviométrie a entraîné une avancée des eaux salées suivie d'un abandon de grandes superficies en Basse Casamance. Les producteurs de certaines communes comme Adéane, ont été contraints d'abandonner plus de 3036 hectares de terres rizicoles à cause du sel (Descroix et *al.*, 2016). Ces abandons ont aussi été constatés également à Baïla où 75 % des rizières sont devenues non propices à la riziculture à cause de la salinisation liée à la remontée des eaux marines à travers le fleuve Casamance et ses affluents (Cissokho et *al.*, 2019).

- **Effet des fertilisants sur les paramètres chimiques du sol**

Dans les sols sulfatés-acides-salés, les composts C2 et C1 ont eu des effets significatifs sur le pH avec une baisse de l'acidité au niveau des couches superficielles (0-40 cm). En effet, l'amendement organique sous forme de compost a conduit à une diminution de l'acidité initial du sol qui pourrait être lié à l'apport d'ions hydroxydes et alcalins (Mkhabela et Warman, 2005 ; CEFREPADE, 2008 ; Houot et *al.*, 2009). Nos résultats corroborent ceux de Sawadogo et *al.* (2008) et Adamou et *al.* (2010). Ces derniers affirment que l'apport de matières organiques est un moyen efficace de modification favorable du pH du sol. Ces effets ne sont perceptibles que sur les couches supérieures comme l'ont rapporté Manlay (2000) et Fezeu (2006). En effet, selon Feller et *al.* (1993), c'est dans ces couches que se localise la matière organique particulaire (taille 50-2000 μm).

Par ailleurs, l'engrais minérale (FM) a eu des effets de hausses très faibles sur le pH au niveau des couches 0_20 cm et 20_40 cm. Nos résultats sont conformes aux résultats de Sawadogo et *al.* (2008) ; Adamou et *al.* (2010) qui affirment que la fertilisation avec apport d'engrais chimiques augmente légèrement le pH du sol par rapport au sol témoin dans les couches 0_20 cm et 20_40 cm. Cela pourrait s'expliquer par des transformations de l'azote minéral dans le sol. La minéralisation libère des protons suite à la nitrification, augmentant ainsi plus ou moins légèrement le pH du sol (Bock et *al.*, 1989 ; Pakulski et *al.*, 1995). En revanche, nos résultats ne sont pas similaires à ceux de Toundou (2017) et Faye (2022) qui a rapporté que des valeurs de pH plus faibles que celle du témoin absolu sont mesurées chez les traitements à engrais chimiques chez le maïs et le riz. Ces différences pourraient être dues aux effets des quantités de pluies enregistrées, du temps de submersion des parcelles et aux formules d'engrais utilisés. En effet, Toundou (2017) avait fait usage de l'engrais NPKSB alors que dans cette étude il a été utilisé le NPK. Il s'y ajoute que les parcelles de maïs ne sont quasiment pas submergées contrairement à celles du riz. Faye (2022) quant à lui avait enregistré lors de son essai en 2021 une moyenne pluviométrique de 990 mm alors que dans notre étude, en 2022, la moyenne pluviométrique a été de 1316 mm.

Les amendements avec des composts (C1 et C2), l'inoculum (INO) et broyat de feuilles de manguiers (BFM) ont diminué considérablement les conductivités électriques de la couche superficielle 0_20 cm. Ce qui confirme les résultats Chehab et *al.* (2019) et Magdich et Ben Rouina, (2020). En effet, ces auteurs ont noté un accroissement important de la CE du sol au niveau de la couche 0-20 cm suite à l'épandage du compost. Cette baisse de la conductivité électrique du sol suite à l'amendement s'explique par l'effet tampon de la matière organique (Toundou, 2017). Par contre, nos résultats sont en désaccord avec ceux Hargreaves et *al.* (2008).

Ces auteurs ont mis en évidence l'augmentation de la conductivité électrique du sol suite à l'apport de compost issu de déchets ; la valeur de la CE a été en moyenne six (6) fois supérieur à celle du témoin non amendé. Cette différence pourrait être attribuée à la poudrette de coquillages qui a servi à enrichir les composts. En effet, la poudrette de coques d'huîtres est un excellent fixateur de sels (Manga, 2019).

- **Effet des fertilisants sur les paramètres agro-morphologiques du sol**

Les traitements ont augmenté de façon significative le poids sec aérien (PS.Aérien), le rendement en graines (Rdt.Graines), la stérilité (TS), l'infertilité (TIN) et la hauteur. Ces effets sont plus marqués au niveau des traitements C1, C2. Cela pourrait être dû aux effets combinés de la matière organique et de la poudrette de coques d'huîtres. Ces résultats concordent avec ceux de Manga, (2019) et Sagna et *al.* (2019) qui ont rapporté que les apports en compost ont eu des effets plus marqués sur les paramètres de croissance et de production du riz. D'ailleurs, Miller et *al.* (2013) ont montré que le compost est une source directe de nutriments. De plus, la matière organique contribue au maintien de la fertilité et à la réduction des pertes de substances nutritives du sol (Inckel et *al.*, 2005)

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

L'étude effectuée en basse Casamance dans la région de Ziguinchor, nous a permis de déterminer d'une part les causes de la baisse des rendements du riz et leurs conséquences sur la vie économique et sociale de la population et d'autre part les effets des amendements organo-minéraux et biologique sur des paramètres chimiques du sol et agronomiques du riz en milieu salés.

Les résultats de l'enquête socio-économique ont permis de mettre en évidence que les principales causes de la baisse des rendements sont les effets combinés de la salinisation des terres agricoles, la baisse de pluies, le manque de main d'œuvre et le manque d'entretien des terres. Les conséquences de cette baisse des rendements les plus marquantes sont l'abandon des terres rizicoles, des variétés et pratiques agricoles traditionnelles, l'exode rural et l'augmentation des dépenses pour l'achat de riz importé.

Par ailleurs, l'expérimentation a montré que les amendements organo-minéraux et l'utilisation des champignons mycorhiziens contribuent de manière générale à l'amélioration de la production du riz en milieu salé. Les formules de composts C1 et C2 et l'inoculum de champignons mycorhiziens ont permis de réduire de façon significative l'acidité et la conductivité électrique sol et par ricochet d'augmenter les rendements du riz.

En outre, la lutte contre la salinisation des sols rizicoles en Basse Casamance nécessite, en plus des amendements organo-minéraux, un bon aménagement des rizières avec des digues et diguette pour une bonne gestion de l'eau et une limitation des apports en sel.

Toutefois, pour avoir une idée plus claire sur les effets des composts et champignons, il serait intéressant :

- d'étudiant l'arrière effet des apports sur le riz ;
- d'évaluant la mycorhization arbusculaire des plants de riz inoculés au stade pépinière et/ou en champ ;
- d'évaluant les effets des apports sur les paramètres physiques, chimiques et biologiques du sol après un temps de décomposition plus important.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Aissaoui H. (2019). Caractérisation et dynamique des métaux lourds (Cu^{+2} , Zn^{+2} et Mn^{+2}) dans le sol de la région de Biskra sous l'effet de la matière organique. Thèse de doctorat. Université Mohamed Khider – Biskra (Algérie). 154p
2. Abdourahmane M. S. (2018). Dégradation des rizières des bas-fonds dans un contexte de changement climatique en Basse Casamance (Sénégal). *Revue Espace Géographique et Société Marocaine* n°20/21 janvier 2018.15p.
3. Adamou I., Chimène A. F., Ndjouenkeu R., & Ntoupka M. (2010). Impact de la gestion de la matière organique sur le statut minéral des sols et des récoltes dans les savanes soudano-guinéennes de Ngaoundéré, Cameroun. *Savanes africaines en développement : innover pour durer*, Garoua, Cameroun. 10p. ffcirad-00472620v2f
4. ADRAO. (2011). Manuel pratique de la riziculture irriguée dans la vallée du fleuve Sénégal. Version 2, 17p.
5. Aïdara C. A., Fall L., & Sane Y. (2020). Diagnostic des Contraintes de Mise en Valeur Rizicole des Sols Fluvio-Marins du Marigot de Bignona, Basse Casamance, Sénégal. *European Scientific Journal* January 2020 edition Vol.16, No.3 ISSN: p1857 – 7881 (Print) e - ISSN 1857- 7431. Doi :10.19044/esj. 2020.v16n3. p359
6. Albergel J., Brunet D., Dubée G., Montoroi J. P., & Zante P. (1992). Gestion d'un barrage anti-sel en Basse-Casamance (Sénégal). In G. Grepin, C. Pomerleau, J.Y. Pirot (eds), Conservation et utilisation durable des ressources naturelles du bassin hydrographique de la Casamance, Annales du séminaire tenu du 22 au 26 octobre 1990 à Ziguinchor (Sénégal). Dakar, AJAC – ZG, ISRA, ORSTOM, UICN. p67-74.
7. ANSD. (2013). Recensement Général de la Population et de l'Habitat, de l'Agriculture et de l'Élevage. Rapport définitif RGPHAE 2013. 19p
8. ANSD. (2023). Situation Economique et Sociale de la région de Ziguinchor. Ed. 2020/2021. 136p
9. Arbaoui M., Benkhelifa M. Belkhodja M. (2000). Réponses physiologiques de quelques variétés de blé dur à la salinité au stade juvénile. In: Royo C. (ed.), Nachit M. (ed.), Di Fonzo N. (ed.), Araus J.L. (ed.). Durum wheat improvement in the Mediterranean region

- : New challenges. Zaragoza : (Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens n° 40. CIHEAM, 2000. p267-270
10. Aubert G. (1983). Observations sur les caractéristiques, la dénomination et la classification des sols salés ou salsodiques. *Cahiers de l'ORSTOM*, Série Pédologie, Vol. 20 (1). p73-78
 11. Baise D. (1988). Guide d'analyse courante en pédologie, choix, expression, interprétation. INRA. Paris. 172p
 12. Bassene J., Diop B., Coly I., Bamba B., & Bassene S. (2020). Sélection Variétale Participative De Riz (*Oryza Sativa* L.) De Bas-Fonds Au Sud Du Sénégal. *European Scientific Journal* juillet 2020. 17p. DOI : 10.19044/esj. 2020.v16n21
 13. Ben Naceur S., & Goaiéd M. (2001). The determinants of the Tunisian deposit banks' performance. p317-319. <https://doi.org/10.1080/096031001300138717>
 14. Bèye G. (1973). Une méthode simple de dessalement des sols des tannes de Casamance : le paillage. *Agronomie Tropicale*. N° 28. p537-548
 15. Bock E., Koops H. P., & Harms H. (1989). *Nitrifying bacteria* (ed.) Springer-Verlag, Berlin, p11-14
 16. Boivin P. (1984). Étude pédologique de la vallée de Koubalan (Kalounayes) : étude de la variabilité spatiale du pH et de la conductivité d'un sol de tanne. Dakar, *ORSTOM*, 74p
 17. Boivin P. (1991). Caractérisation physique des sols sulfatés acides de la vallée de Katouré (basse Casamance, Sénégal) : étude de la variabilité spatiale et relation avec les caractéristiques pédologiques. Etudes et Thèses Paris, *ORSTOM*. 231p
 18. Boulaine J. (1989). Histoire des pédologues et de la science des sols 2. Institut National de Recherche Agronomique, Paris. ISBN : 2-7380-0050-9. 314p
 19. Bouye T. R., Sika A., Memel J. D., Karamoko M., & Otchoumou A. (2013). Effets de la teneur en poudre de coquilles de bivalves (*Corbula trigona*) du substrat sur les paramètres de croissance d'*Achatina achatina* (Linné, 1758) en élevage hors-sol. Laboratoire de Biologie et Cytologie Animales, Université Nangui Abrogoua, 02 BP 801 Abidjan 02, Côte d'Ivoire. *Afrique Science* 09(2) (2013). p142 – 153. ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>
 20. Brunet D. (1994). Un aménagement hydraulique simple pour la réhabilitation des sols salés : la riziculture en basse Casamance. 8p

21. Camara B., Dasylyva M., Diouf N. M., Kane N. A., Diedhiou M. A. A., & Ngom D. (2023). Effet combiné de la litière foliaire de *Faidherbia albida* (Delile) A. Chev., 1934 et du fumier sur la composition physico-chimique des sols, la croissance et le rendement du Riz en Basse Casamance au Sénégal. *J. Appl. Biosci.* Vol : 190. 18p
22. CEDAO. (2016). Rapport annuel 2016 de la CEDEAO. 77^e session ordinaire du conseil des ministres de la cedeao abuja, 15 - 16 decembre 2016. ECW/CM/LXXVII/2. 180p.
23. CEFREPADE. (2008). Compostage des déchets ménagers dans les pays en développement : Modalités de mise en place et de suivi d'installations décentralisées pérennes. 65p
24. Charreau C., & Fauck R. (1965). Les sols du Sénégal. Deuxième partie. *ORSTOM* fonds documentaire N°29248. Cote B. 14p
25. Chehab H., Tekaya M., Ouhibi M., Gouiaa M., Zakhama H., Mahjoub Z., Laamari S., Sfina H., Chihaoui B., Boujnah D., & Mechri B. (2019). Effects of compost, olive mill wastewater and legume cover crops on soil characteristics, tree performance and oil quality of olive trees cv.Chemlali grown under organic farming system. *Sci. Hort.* 253. p163-171
26. Cissokho D., Coly J. P., Faye C., & Diombaty I. (2019). Dégradation des rizières par salinisation à l'heure du changement climatique : Une menace à la sécurité alimentaire à Baïla (Basse Casamance). 12p
27. Dacosta H. (1989). Précipitations et écoulements sur le bassin de la Casamance. Thèse de 3^{ème} cycle. Département de Géographie, Université Cheikh Anta Diop. Dakar, 283p.
28. Dagnelie P. (1982). Diversité et unité de la statistique. *Journal de la société statistique de Paris*, tome 123, no 2 (1982). p86-92
29. Dassylyva M., Ndour N., Diédhiou M. A. A., & Sambou B. (2019). Caractérisation Physico-Chimique des Sols des Vallées Agricoles de la Commune de Ziguinchor au Sénégal. *European Scientific Journal* ISSN. p1857 – 7881. (Print) e - ISSN 1857- 7431.
30. De Baecque M. (2020). Caractérisation multi-physique de la durabilité d'un sol traité à la chaux pour une application aux digues maritimes. Thèse de doctorat Géotechnique. Université Paris-Est. 232p
31. Dent D. (1986). Acid sulphate soils: a base line for research and development. *ILRI* pub. N°. 39. 204 p

32. Descroix L., Dacosta H., Sane T., Salem M. C. C., & Bodian A. (2016). Panorama des conséquences du changement climatique à travers la remontée du niveau océanique : érosion côtière et salinisation des eaux et des sols. Partie d'ouvrage. p79-93
33. Diatta M. Y., Diédhiou S., Goudiaby A. O. K., Bassene M. J., Sagna M. Y., Sow M. M., & Diallo D. M. (2022). Perception Et Stratégies D'adaptation Des Producteurs Face À La Salinisation Des Vallées Rizicoles De La Commune d'Enampore En Basse Casamance. *European Scientific Journal, ESJ*, 18(11), 71p. <https://doi.org/10.19044/esj.2022.v18n11p71>
34. Diatta Y., Diedhiou S., Goudiaby A. O. K., Sanga Y. P., Diallo M. D., & Ndoye I., (2019). Effet des amendements organiques sur la tolérance à la salinité du riz (*Oryza sativa* L.) dans les bas-fonds en zone sud-soudanienne au Sénégal. International Formulae Group. All rights reserved. 8268-IJBCS. 13p DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i6.21>
35. Diedhiou S., Diatta Y., Diedhiou L., Faye F., Goudiaby A., Ndoye I., Fall S. (2023) Effects of mycorrhization and organic amendments on sweet potato (*Ipomoea batatas* L.) growth in a saline environment, *J. Mater. Environ. Sci.*, 14(11), 1214-1229
36. Diedhiou S.O., Thior M., Diouf A.C., Mballo I. & Diallo A.K. (2021). Riziculture pluviale de bas-fonds dans la région de Sédhiou (Sénégal) : contraintes de production et stratégie d'adaptation. *European Scientific Journal, ESJ*, 17(24), 88p. <https://doi.org/10.19044/esj.2021.v17n24p88>
37. Djamaï R., Fadel D., Laïfa A., Benslama M., Daoud Y., & Vallès V. (2011). Le concept d'alcalinité résiduelle et évolution géochimique des processus. Application aux sols salés du lac Fetzara (Nord-Est algérien). *Revue Synthèse N°23, Octobre 2011*. 9p
38. Djighaly P. I. (2019). Optimisation de l'association Casuarina/ champignons mycorhiziens à arbuscules et/ou bactéries fixatrices d'azote pour la réhabilitation de terres salines au Sénégal. Thèse de Doctorat Unique. Université AssaneSeck de Ziguinchor (Sénégal). 214p
39. Djighaly P. I., Ngom D., Diagne N., Fall D., & Ngom M (2020). Effet des plantations de filaos inoculés avec des champignons mycorhiziens arbusculaires et Frankia sur la diversité de la végétation herbacée en milieu salin au Sénégal
40. Duchauffour P. (1984). Ph Abrégés pédologie. Paris, Masson, 1984, p220.

41. Durand J.H. (1983). Les sols irrigables, Etude pédologique. Thèse de Doctorat, 389p.
Ed. Département de géographie de l'université de Paris – Sorbonne. Paris. INA P-G.
195p
42. Evelin H., Kapoor R., & Giri B. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Annals of Botany*, 104 p1263–1280. Doi :10.1093/aob/mcp251
43. FAO. (2002). Le sel de la terre : un danger pour la production vivrière. Sommet mondial de l'alimentation
44. FAO. (2018). Suivi du marché du riz de la FAO, *Volume XXI, Issue No°1, Rome, Italie, FAO (coll. Volume XXI, Issue No°1),*. URL : <http://www.fao.org/publications/card/fr/c/I9243FR/> . 10p
45. FAO. (1988). Soils map of the world, revised legend. World soil resources. Report n° 60 FAO, Rome, 119p
46. Faraoun F., & Bénabdèli K. (2010). Cartographie et caractérisation physico-chimique des sols de la plaine de Sidi Bel Abbés (Algérie occidentale). *Afrique Science* 06(3), ISSN 1813-548X, <http://www.afriquescience.info>, p18 – 26
47. Faye B. A. (2022). 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. Mémoire de Master. Université Assane Seck De Ziguinchor. 42p
48. Faye O.N. (2016). Sélection de variété de riz pour la tolérance à la salinité – mécanismes agronomiques et physiologiques développés. Thèse de troisième cycle. Université de Thies (Sénégal), p135
49. Feller C., Lavelle P., Albrecht A., & Nicolardot B. (1993). La jachère et le fonctionnement des sols tropicaux. In Floret C., Serpantie (eds.) Rôle de l'activité biologique et des matières organiques. Quelques éléments de réflexion, p15-32.
50. Fezeu W. M. L. (2006). Statut minéral des sols, des plantes fourragères, des eaux d'abreuvement et des bovins du pâturage de Wakwa au Cameroun. Thèse Doctorat ès sciences alimentaires et nutrition. Ecole nationale supérieure des sciences agro-industrielles. Université de Ngaoundéré, 253p
51. Flowers T. J., & Yeo A. R. (1980). Variability in the resistance of sodium chloride salinity within rice (*oryza sativa* L.) Varieties. Plant Physiology Group, School of Biological Sciences. The University of Sussex, Brighton BN1 9QG, U.K. 12p

52. Franco-Otero V.G., Solder-Rovira P., Hernández D., López-de-Sá E.G., & Plaza C. (2011). Short-term effects of organic municipal wastes on wheat yield, microbial biomass, microbial activity, and chemical properties of soil. *Biol Fertil Soils*. p1-12
53. Francou C. (2003). Stabilisation de la matière organique au cours du compostage de déchets urbains : Influence de la nature des déchets et du procédé de compostage - Recherche d'indicateurs pertinents. Thèse de Doctorat. Institut National Agronomique Paris-Grignon Ecole Doctorale Abies. 290p
54. Gobat J. M., Aragno M., & Matthey W. (2010). Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols. *PPUR Presses polytechniques*. 819p
55. Godden B. (1986). Etude du processus de compostage du fumier de bovin. Thèse de doctorat en Sciences Agronomiques, Université Libre de Bruxelles. Laboratoire de microbiologie, 136p
56. GRDR. (2009). Aménagement et valorisation des vallées en Basse Casamance. Approche développée par le GRDR, 39p
57. Hamdi-Aissa B., Vallès V., Avanturier A., & Ribozi O. (2004). Soils and brine geochemistry and mineralogy of hyperarid desert playa, Ouargla basin, algerian sahara. *Arid Land Research and Rehabilitation*, Vol. 18 (2), p103-126
58. Hammer E. C., Nasr H., Pallon J., Olsson P. A., & Wallander H. (2010). Elemental composition of arbuscular mycorrhizal fungi at high salinity. *Mycorrhiza*, 21, p117–129, doi: 10.1007/s00572-010-0316-4
59. Hammouya A., & Djeghbala S. (2019). Etude de l'impact de la salinité du sol sur la croissance du blé dur à Ouargla (cas de Hassi Ben Abdellah). Mémoire de master. Université Kasdi Merbah – Ouargla. 117p
60. Hanay A., Büyüksönmez F., Kiziloglu F. M., & Canbolat M. Y. (2004). Reclamation of Saline-Sodic Soils with Gypsum and MSW Compost. <https://doi.org/10.1080/1065657X.2004.10702177>. p75-179
61. Hargreaves, J.C., Adl M.S., & Warman P.R. (2008). A review of the use of compost municipal solid waste in agriculture. *ScienceDirect. Agriculture, Ecosystems and Environment* 123 (2008) 1–14. www.elsevier.com/locate/agee
62. Houot P., Cambier P., Benoit M., Deschamps A., Jaulin C., Lhoutellier E., & Barriuso E. (2009). Effet d'apports de composts sur la disponibilité de micropolluants métalliques et organiques dans un sol cultivé. *Etude et Gestion des Sols*, Volume 16,

3/4, 2009 - p255-270

63. Inckel M., De Smet P., Tersmette T., & Veldkamp T. (2005). La fabrication et l'utilisation du compost. *Agrodok* 8. 73p
64. INP. (1992). Variabilité spatiale des propriétés physico-chimiques d'un champ affecté par la salinité dans le nord-ouest du Mexique. *Bulletin de la Société Belge de Pédologie*, édité avec l'aide financière de la Fondation Universitaire et des Ministères Belges de l'Education et de la Culture Française et Flamande. 108 p187-204
65. INP. (2013). Atelier de lancement du partenariat sur les sols 15p
66. INP., & ASSOLUCER. (2009). Essais du Phosphogypse dans les rizières de Médina Souané. Délégation INP/ Fouladou-Pakao
67. IRRI. (2005). World rice statistics, los banos Philippines : <http://www.IRRI.org/science/rietest>
68. Ismail A., Heuer S., Thomson M., & Wissuwa M. (2007). Genetic and genomic approaches to develop rice germplasm for problem soils. *Plant Mol Biol.* p547-570
69. Kabała C., Muszyńska E., Gałka B., Łabuńska D., & Mańczyńska P. (2016). Conversion of Soil pH 1:2.5 KCl and 1:2.5 H₂O to 1:5 H₂O: Conclusions for Soil Management, Environmental Monitoring, and International Soil Databases. *Pol. J. Environ. Stud. Vol. 25, No. 2.* p 647-653. Doi: 10.15244/pjoes/61549
70. Kadri K., Maalam S., Cheik M. H., Benabdallah A., Rahmoune C., & Ben Naceur M. (2009). Effet du stress salin sur la germination, la croissance et la production en grains de quelques accessions Tunisienne d'orge. *Sciences et Technologie C – N°29.* p72-79
71. Kalyani M., Ramteke D. S., Paliwal L. J., et Naik N. K. (2013). Agronomic application of food processing industrial sludge to improve soil quality and crop productivity. *Geoderma.* 207–208, 205–211
72. Kambou G., Some N., & Ouedraogo S. (2000). Effets des cosses de néré, (*Parkia biglobosa* Jacq.) sur l'émergence du *Striga hermonthica* (Del.), les propriétés agrochimiques du sol et le rendement du maïs. *Bulletin de la Recherche Agronomique.* p324-335
73. Kaya A. (2009). Macrofungi of Huzurlu high plateau (Gaziantep-Turkey). *Turk J Bot* 33. p429–437

74. Khouma M., & Touré M. (1982). Effects of lime and phosphorus on the growth and yield of rice in acid sulphate soils of the Casamance (Sénégal). In: Proceedings of the Bangkok Symposium on acid sulphate soils. *ILRI Pub.* N°31, p237-250
75. Khush G.S. (2013). Strategies for increasing the yield potential of cereals: case of rice as an example, *Plant Breeding*, p.n/a-n/a. URL : <http://doi.wiley.com/10.1111/pbr.1991>
76. Lacharme C. (2001). Mémento de l'agronome : le plant de riz, données morphologique et cycle de la plante. Fascicule 2, 22p
77. Le Brusq J. Y., Loyer J. Y., Mougenot B., & Carn M. (1987). Nouvelles paragenèses à sulfates d'aluminium, de magnésium et de fer, et leur distribution dans les sols sulfatés acides du Sénégal. *Science du sol*, n°3, Vol. 5, p173-184.
78. Le Tacon F. (1978). La présence de calcaire dans le sol : Influence sur le comportement de l'Épicéa commun (*Picea excelsa* Link.) et du Pin noir d'Autriche (*Pinus Nigra nigricans* Host.). *Ann. Sci. Forest* 35, p165–174. <https://doi.org/10.1051/forest/19780205>
79. Legros J. P. (2007). Les Grands Sols du Monde. Presses Polytechniques et Universitaires de Lausanne. 574p
80. Legros J. P. (2009). La salinisation des terres dans le monde. Académie des Sciences et Lettres de Montpellier. Séance du lundi 22/06/2009, conférence n°4069, Bull. n°40, p257- 269
81. Loreto F., Centritto M., & Chartzoulakis K. (2003). Photosynthetic limitations in olive cultivars with different sensitivity to salt stress. *Plant, Cell and Environment* (2003). p595–601
82. Loyer J. Y., Boivin P., Le Brusq J. Y., & Zante P. (1986). Les sols du domaine fluvio-marine de Casamance (Sénégal) : évolution récente et réévaluation des contraintes majeures pour leur mise en valeur. Dakar : *ORSTOM*. 11p
83. Magdich S., & Ben Rouina B. (2020). Effets de l'épandage du compost issu des fibres du palmier dattier et du fumier sur les caractéristiques chimiques du sol. *Revue Ezzaitouna*. 15p
84. Mahamedi A. (2014). Caractérisation et traitement des sols gonflants compactés en vue de leur utilisation en construction routière. Thèse de doctorat. Université Banta 2 Mostefa Ben Boulaïd (Algérie). 216p

85. Makoi J. H. J. R., & Verplancke H. (2010). Effect of gypsum placement on the physical chemical properties of a saline sandy loam soil. *Australian Journal of Crop Science*. 4(7) : p556-563
86. 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). Mémoire de master. Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal). 54p
87. Manlay R. (2000). Dynamique de la matière organique à l'échelle d'un terroir agropastoral de la savane ouest-africaine (Sud-Sénégal). Thèse Doctorat ès sciences de l'environnement. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et Forêts. Université de Montpellier, 246p
88. Manzelli M., Fiorillo E., Bacci M., & Tarchiani V. (2015). La riziculture de bas-fond au sud du Sénégal (Moyenne Casamance) : enjeux et perspectives pour la pérennisation des actions de réhabilitation et de mise en valeur, *Cah Agric*, vol. 24, n° 5. p301-3012. doi: 10.1684/agr.2015.0772,
89. Marius C., Lucas J., & Kalck, Y. (1986). Évolution du golfe de Casamance au Quaternaire récent et changements de la végétation et des sols de mangroves liés à la sécheresse actuelle. In Symposium International INQUA-ASEQUA Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire Travaux et Documents de l'ORSTOM. Paris, p293-295
90. Marlet S., & Job J. O. (2006). Processus et gestion de la salinité des sols, In Tiercelin, J, R, *Traité d'irrigation*, seconde édition, Tec & Doc Lavoisier, p797-822
91. Masmoudi A., Hemeir A., Benaissa M. (2014). Impacts de la concentration et du type de sel sur le potentiel germinatif et la production de biomasse chez l'orge (*hordeum vulgare*). *Courrier du Savoir* – N°18, Mars 2014. p95-101
92. Mendy V. (2018). Dégradation des agroécosystèmes et problématique de la revitalisation de la riziculture en Basse-Casamance. Thèse de doctorat. Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal). 293 p
93. Miller M.T., & Sohi S. P. (2013). Les interactions biocharbon-racine en fonction du contenu en éléments nutritifs du biochar et son impact sur la disponibilité en éléments nutritifs du sol. *Journal Européen de la Science des Sols*. p13

94. Mkhabela M., & Warman P. R. (2005). The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops, grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 106 p57–67
95. Montoroi J. P. (1996). Mise en valeur des bas-fonds en basse-Casamance (Sénégal) 13p
96. Montoroi J. P. (1998). La riziculture inondée en Basse-Casamance (Sénégal) 22p
97. Mustin M. (1987). Le compost : gestion de la matière organique. Ed. F. Dubusc, Paris, France. 954p
98. Ndiaye J. P. (1999). Utilisation du phosphogypse dans les sols de la vallée alluviale du fleuve Sénégal : Institut Sénégalais de Recherche Agricole. 30p
99. Ndiaye O. (2009). Contribution à la caractérisation du sol et de la végétation des Niayes de Pikine et de Saint Louis au Sénégal. Mémoire de DEA. UCAD. 59p
100. N'gom S. (1999). Etude de la salinité récurrente des sols dans le village de M'bassis et proposition de méthodes d'aménagements adaptées. Mémoire de fin d'études. ENSA Thiese. 56p
101. Oucif Kecheha N., & Guetroun S. (2019). Effets des émissions atmosphériques de l'industrie du gypse sur la santé environnementale de la région de Robbah et d'El-Foulia-Eloued. Mémoire de master. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED (Algérie). 81p
102. Oustani M. (2016). Influence des fertilisant organiques sur la réactivité physico-chimique et le fonctionnement microbiologique d'un sol sableux non salé et sableux salé en condition d'irrigation par des eaux charger en sels. Thèse de doctorat . Université Kasdi Merbah Ouargla (Algerie). 298p
103. Péliissier P. (1966). Les producteurs du Sénégal : les civilisations agraires du Cayor à la Casamance. Saint-Yriex, Imp. Fabrègue, 939p
104. Peters R. J., Xu M., Hillwig M. L., Pristic S., & Coates M. R. (2004). Functional identification of rice syn-copalyl diphosphate synthase and its role in initiating biosynthesis of diterpenoid phytoalexin/allelopathic natural products. *The Plant Journal* (2004), 39, 309–318. Doi : 10.1111/j.1365-313X.2004.02137.x
105. Plenchette C., Duponnois R. (2005). Growth response of the saltbush *Atriplex nummularia* L. to inoculation with the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices*. *Journal of Arid Environments*, 61, p535–540, doi: 10.1016/j.jaridenv.2004.10.003

106. Rogers C. D. F., Glendinning S., & Dixon N. (1996). Modification of Clay Soils Using Lime. Partie d'ouvrage. p99-114
107. SAED. (2011). Projet d'amélioration de la productivité du riz dans les aménagements hydro-agricoles de la vallée du fleuve Sénégal. Rapport final (Rapport de synthèse) 48p
108. Sagna P. (2005). Dynamique du climat et évolution récente dans la partie Ouest de l'Afrique occidentale. Thèse de doctorat d'état lettre. UCAD. Tome 1 & 2, 742p
109. Sagna Y. P., Diedhiou S., Goudiaby A. O. K., 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. 2p
110. Sané T., & Mbaye I. (2007). État des lieux et étude diagnostique de l'environnement de la Casamance. Annales de la Faculté des Lettres et Sciences Humaines, n° 37/B, 2007, p183-201
111. Sannazzaro A. I., Ruiz O. A., Albertó E. O., & Menéndez A. B. (2006). Alleviation of salt stress in Lotus glaber by *Glomus intraradices*. *Plant Soil*, 285, p279–287, doi: 10.1007/s11104-006-9015-5
112. Sawadogo H., Bock L., Lacroix D., & Zombré N. P. (2008). Restauration des potentialités de sols dégradés à l'aide du zaï et du compost dans le Yatenga (Burkina Faso). *Biotechnol, April 2007, Agron. Soc. Environ.* 2008 12(3), p279-290
113. Schleiff U. (1979). Determination of gypsum by measurement of electrical conductivity in water extracts of soils in Saudi Arabia. *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch.* 29. p993–1000
114. Sene J. H. B., Matty F., & Diatta M. (2014). Caractérisation des sols de la vallée rizicole de Tamra dans l'île de Mar, Centre-Ouest du Sénégal. 2014 *International Formulae Group*. DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i2.35>. 17p
115. Seye B., Arouna A., Sall S N., Ndiaye A. A. (2017). Impact de l'adoption des semences certifiées des variétés améliorées de riz sur le taux de pauvreté : cas du Bénin. *Cahiers du CBRST*, N° 11 juin 2017 Lettres, Sciences Humaines et Sociales ISSN : 1840-703X, Cotonou (Bénin). 17p

116. Sinoussi F. (2001). Valorisation des eaux salines pour la nutrition minérale des plantes cultivées. Thèse de Doctorat. Institut National Agronomique Al Harrach (Algerie). 327p
117. Smith S. E., Jakobsen I., Grønlund M., & Smith F. A. (2011). Roles of Arbuscular Mycorrhizas in Plant Phosphorus Nutrition: Interactions between Pathways of Phosphorus Uptake in Arbuscular Mycorrhizal Roots Have Important Implications for Understanding and Manipulating Plant Phosphorus Acquisition. *Plant Physiology*, 156, 1050–1057, doi: 10.1104/pp.111.17 4581
118. SOLAG. (2016). Le calcium dans le sol. Bulletin Sol et Agronomie des Chambres d’agriculture des Pays de la Loire 8, 2
119. Sow M. (2018). Effets de différents types de composts versus fertilisation minérale azotée sur les propriétés du sol et le rendement du riz (*Oriza sativa* L.) de Nappe en station au CRA de Djibélor. Mémoire de master. Université Assane Seck de Ziguinchor (Sénégal). 42p
120. Szabolcs I., (1989). Salt-affected Soils. CRC Press Inc., Florida. 274p
121. Toundou O. (2017). Evaluation des caractéristiques chimiques et agronomiques de cinq composts de déchets et étude de leurs effets sur les propriétés chimiques du sol, la physiologie et le rendement du maïs (*Zea mays* L. Var. Ikenne) et de la tomate (*Lycopersicum esculentum* L. Var. Tropimech) sous deux régimes hydriques au Togo. Sciences de la Terre, Université de Limoges ; Université de Lomé (Togo), 2016. 241p. Français. ffNNT : 2016LIMO0020ff. fftel-01589050f.
122. Toundou O., Tozo K., Feuillade G., Pallier V., Tchegueni S., & Dossou K. S. S. (2014). Effets de composts de déchets sur les propriétés chimiques du sol et la solubilité d’éléments minéraux sous deux régimes hydriques en conditions contrôlées au Togo. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(4). p1917-1926, August 2014 ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print). Dio: <http://ajol.info/index.php/ijbcs>
123. Trébuil G. (2011). Rizicultures asiatiques : permanence d’une céréale essentielle sur un continent en mutation, in Sabouret J.-F. (dir.), L’Asie-monde, CNRS Éditions, p 99-103

124. Vieillefon J. (1977). Les sols des mangroves et des tannes de BasseCasamance (Sénégal). Importance du comportement géochimique du soufre dans leur pédogenèse. Mém. *ORSTOM*, 83, Paris. 291p
125. Wang B., Qiu Y. L., (2006). Phylogenetic distribution and evolution of mycorrhizas in land plants. *Mycorrhiza*, 16. p299–363. doi: 10.1007/s00572-005-0033-
126. Wang F. Y., Liu R. J., Lin X. G., & Zhou J. M. (2004). Arbuscular mycorrhizal status of wild plants in saline-alkaline soils of the Yellow River Delta. *Mycorrhiza* 14, p133–137. doi: 10.1007/s00572-003-0248-3
127. Wichern J., Wichern F., & Joergensen R. G. (2006). Impact of salinity on soil microbial communities and the decomposition of maize in acidic soils. *ScienceDirect*. www.sciencedirect.com & *Elsevier* www.elsevier.com/locate/geoderma
128. Zuccarini P., & Okurowska P. (2008). Effects of mycorrhizal colonization and fertilization on growth and photosynthesis of sweet basil under salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 31. p497– 513, doi : 10.1080/01904160801895027

ANNEXE

Questionnaire d'enquête

Numéros	Questions	Catégories et codes
1	Nom du village	
2	Coordonnées géographiques	
3	Prénom	
4	Nom	
5	Sexe	1. Féminin 2. Masculin
6	Quel âge avez-vous ?	
7	Ethnie	1. Diola 2. Peulh 3. Mandingue 4. Autres.....
8	Profession	
9	Pratiquez-vous la riziculture?	1. Oui 2. Non
10	Si oui, dans quels types d'écologie ?	1. Plateau 2. Bas fond

		3. Mangrove
11	Quelle sont les variétés utilisé pour chaque type d'écologie ?	1. Plateau : 2. Bas fond : 3. Mangrove :
12	Quelle appréciation avez-vous sur l'évolution des rendements lors des 10 ou 5 dernières années ?	1. Régression 2. Augmentation 3. Pas de changement
13	Quelle(s) est (sont) les impact(s) socio-économique causé(s) par l'évolution des rendements
14	S'il y'a régression : Quelle sont les causes ?	1. Salinité 2. Baisse des pluies 3. Manque d'entretien des terres 4. Autres.....
15	Si salinité, comment avez-vous freiné ou éliminé le problème ?

17	Si autres, comment avez-vous freiné ou éliminé le problème ?
18	y'a-t-il des espèces qui se développent dans les rizières atteint de salinité ?	1. Oui 2. Non
19	Si oui : quelles sont leurs noms ?	1. En français 2. En langue local
20	Croyez-vous qu'elles ont des capacités à lutter contre la salinité ?	1. Oui 2. Non
21	Si oui, Expliquez ?
23	Avez-vous eu des terres abandonnées ?	1. Oui 2. Non
24	Si oui : Quelle est leurs représentations par rapport au total de vos terres cultivables ?	1. Moins de la moitié 2. Plus de la moitié 3. Autres.....

25	Quel est le motif de l'abandon	<ol style="list-style-type: none"> 1. Salinité 2. Autres.....
26	Sous quel type d'écologie se trouve la plus part des terres abandonné ?	<ol style="list-style-type: none"> 3. Plateau 4. Bas fond 5. Mangrove
27	Avez-vous une fois récupéré une ou des terre(s) dégradée?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Oui 2. Non
28	Comment est-ce que vous vous en êtes pris ?	<ol style="list-style-type: none"> 1. Amendement organique 2. Amendement chimique 3. Utilisation d'espèces végétales 4. Autre(s) technologie(s).....
29	Plus de détail sur la technologie utilisé pour la récupération de ou des parcelle(s) salée(s).	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
30	Quelle est votre appréciation par rapport à ou aux technologies utilisées	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
31	Quelle est (sont) les impacts socio-économiques constaté après adoption de la technologie	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>
32	Quelle(s) est (sont) votre (vos) recommandation(s) par rapport à (aux) la technologie(s)	<p>.....</p> <p>.....</p> <p>.....</p>

33	Quel(s) conseil(s) donneriez-vous sur le processus de lutte contre la salinisation des terres ?
----	---	-------------------------