

Impacts socio-économiques et environnementaux des aménagements hydroagricoles (digues anti-sels et de retenue) dans les régions de Sédhiou et de Ziguinchor (Sénégal).

Socio-economic and environmental impacts of hydro-agricultural schemes (anti-salt and retaining dikes) in the Sédhiou and Ziguinchor regions (Senegal).

Sané Alphoussény¹, Sambou Hyacinthe¹, Sambou Antoine²

¹Institut des Sciences de l'Environnement (ISE), Université CHEIKH ANTA DIOP de Dakar, Sénégal

²Laboratoire d'agroforesterie et d'écologie, Département d'Agroforesterie, Université Assane Seck de Ziguinchor, Sénégal

Email: senysane93@gmail.com ; tonysambouegos@yahoo.fr ; hyacinthe.sambou@ucad.edu.sn

ORCDI des Auteurs :

Sané Alphoussény: <https://orcid.org/0009-0009-5415-8229> Sambou Antoine: <https://orcid.org/0000-0002-2604-3223> ; Sambou Hyacinthe: <https://orcid.org/0000-0001-5087-6009> ;

Comment citer l'article : Sané Alphoussény, Sambou Hyacinthe, Sambou Antoine (2025) Evaluation des impacts socio-économiques et environnementaux des aménagements hydroagricoles (digues anti-sels et de retenue) dans les régions de Sédhiou et de Ziguinchor (Sénégal). *Revue Ecosystèmes et Paysages*, 5(1):1–20pp. e-ISSN (Online): 2790-3230

doi: <https://doi.org/10.59384/recopays.tg5127>

Reçu : 30 mars 2025

Accepté : 15 juin 2025

Publié : 30 juin 2025



Copyright: © 2025 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

Résumé

La Casamance, très vieille région rizicole, est affectée par la sécheresse observée pendant la période 1969-1985. Cette sécheresse s'en est suivi d'une longue période de baisse de la pluviométrie et de l'écoulement fluvial, favorisant ainsi l'invasion du réseau hydrographique par les eaux marines. Ce qui constitue un frein pour le développement de la culture du riz, qui constitue l'aliment de base dans cette région. Cette situation est exacerbée par le conflit casamançais qui a entraîné un déplacement massif de villageois et accentué la pauvreté. D'où l'importance de la réalisation des digues par le Comité International de la Croix Rouge dans la zone. L'objectif de cette étude est d'évaluer les impacts socio-économiques et environnementaux de ces infrastructures. A cet effet, des enquêtes portant sur les impacts des digues ont été réalisées auprès de 180 producteurs répartis dans quatorze villages. Le pH et la conductivité électrique (CE) du sol ont été mesurés à partir des échantillons prélevés à l'aide d'une tarière sur une profondeur de 20 cm. Ces échantillons ont été traités et analysés afin de déterminer le pH et la CE du sol. Les résultats montrent que les digues ont permis le développement des activités agricoles, particulièrement de la riziculture qui a vu sa production augmenter depuis leur installation. Par ailleurs, malgré la réalisation des digues anti-sels, les résultats obtenus montrent que les sols rizicoles sont toujours salés avec des valeurs de CE comprises entre 30 et 9000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. De même, les résultats montrent une acidification des sols avec des valeurs de pH comprises entre 3,5 et 6,5. Le bilan global de la dynamique des paysages forestiers de terre ferme et en milieu humide est celui d'une progression importante du couvert ligneux entre 2015 et 2023 sur un rayon de 1 km autour des ouvrages hydroagricoles.

Mots clés : Casamance, Riziculture, Digue, Salinisation, Acidification**Abstract**

Casamance, an ancient rice-growing region, was affected by the drought of 1969-1985. This drought was followed by a long period of reduced rainfall and river run-off, leading to the invasion of the hydrographic network by marine waters. This has hampered the development of rice cultivation, the staple food in the region. This situation is exacerbated by the Casamance conflict, which has led to massive displacement of villagers and increased poverty. Hence the importance of the dikes built by the International Committee of the Red Cross (ICRC) in the area. The aim of this study is to assess the socio-economic and environmental impacts of these infrastructures. To this end, surveys on the impact of the dykes were carried out among 180 farmers in fourteen villages. Soil pH and EC were measured from samples taken with an auger to a depth of 20 cm. These samples were processed and analyzed to determine soil pH and Electronic Conductivity (EC). These dikes have enabled the development of agricultural activities, particularly rice growing, which has seen an increase in production since the infrastructure was built. At the level of the anti-salt dykes, the results obtained show that the soil still used for rice cultivation remains salty overall, with Electronic Conductivity (EC) values ranging from 30 to 9000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. The results also show soil acidification, with pH values between 3.5 and 6.5. The overall assessment of the dynamics of forest landscapes on dry land and in wetlands is that of a significant increase in woody cover between 2015 and 2023 within a 1-km radius of the hydro-agricultural structures.

Keywords: Casamance, Rice Growing, Dike, Salinization, Acidification

1. Introduction

Le riz est devenu une denrée de consommation courante et un produit stratégique pour une bonne partie de la population mondiale (Africa-Rice et IRAG, 2010). En Afrique, le riz représente une source de revenu et une composante importante dans le régime alimentaire de nombreux ménages (Demon et *al.*, 2013). Le riz joue un rôle important dans l'économie et la consommation des ménages urbains et ruraux des pays de l'Afrique de l'Ouest. Au Sénégal, la Casamance constitue une région de très vieille tradition rizicole (Pélissier, 1966). Elle a longtemps été perçue comme un « grenier agricole » pouvant potentiellement subvenir à la forte demande alimentaire d'un pays sahélien tel que le Sénégal. La riziculture inondée, historiquement implantée dans la zone estuarienne du fleuve Casamance, portait notamment en elle de gros espoirs (Montoroi, 1993). Toutefois, les terres rizicoles des bas-fonds ont été progressivement affectées par la péjoration climatique des années 1970 (Hubert et Carbonnel, 1989). Ainsi, la baisse de la pluviométrie et de l'écoulement fluvial a eu des conséquences graves dans les zones soudano-guinéennes mieux arrosées, en particulier sur les écosystèmes fragiles des zones côtières participant ainsi à la dégradation des écosystèmes côtiers au Sénégal (Dieye et *al.*, 2013). Cette situation a favorisé l'invasion du réseau hydrographique par les eaux marines, accompagnée par la salinisation et l'acidification des vasières occupées par la mangrove qui a disparu sur de grandes étendues (Bassène, 2016). Les terres rizicoles des bas-fonds ont ainsi été progressivement contaminées par les eaux de surface sur-salées (Boivin, 1990).

En outre, la salinisation et l'acidification croissante des terres rizicoles ont poussé les populations locales à solliciter auprès des pouvoirs publics l'aménagement des vallées affectées. C'est ainsi qu'au plus fort de la période sèche et ses conséquences sur la dégradation des terres rizicoles, deux types d'ouvrages ont été construits pour lutter contre les effets de la salinité dans plusieurs vallées de la Basse Casamance. Il s'agit d'une part, les grands projets de barrages anti-sels (Affiniam et Guidel) ont été construits et d'autre part, de petits ouvrages anti-sels et de retenue ont été érigés pour limiter l'entrée des eaux salées à l'intérieur des vallées

(Montoroi, 1996). Ainsi, la réalisation de ces ouvrages a permis d'atteindre plusieurs objectifs visés, à savoir la réduction de l'intrusion des eaux marines sur-salées de surface, la retenue des eaux pluviales et le désenclavement de certains villages en saison des pluies (Barry et Posner, 1985).

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude dont l'objectif est d'évaluer les impacts socio-économiques et environnementaux des aménagements hydroagricoles. Il s'agit plus spécifiquement de mesurer les paramètres chimiques (Conductivité Electrique, pH) du sol et d'identifier les impacts socio-économiques et environnementaux des aménagements hydroagricoles.

2. Matériel et Méthodes

2.1. Présentation de la zone d'étude

L'étude a porté sur des digues anti-sels et digues de retenue de 14 villages répartis dans les régions de Ziguinchor et Sédhiou (Tableau 1 et Figure 1). Les régions administratives de Ziguinchor et de Sédhiou se trouvent respectivement dans les zones géographiques de la Basse et de la Moyenne Casamance. La zone d'étude est limitée au Nord par la République de Gambie, au Sud par les Républiques de Guinée-Bissau et de Guinée, à l'Est par la région de Kolda et à l'Ouest par l'Océan Atlantique. Situé au sud du Sénégal, la région de la Casamance a un climat tropical de type soudano-guinéen, avec une température moyenne annuelle de 27 °C (Sadio et *al.*, 2020). Elle dispose du climat le plus humide du pays avec une pluviométrie moyenne variant entre 900 mm et plus de 1200 mm (Sagna et Leroux, 2000). L'évolution de la pluviométrie depuis 1920 montre une baisse globale qui laisse apparaître une irrégularité d'une année à une autre et d'une décennie à une autre (Sagna et *al.*, 2017). La pluviométrie moyenne annuelle calculée sur la série 1988-2018 en Basse Casamance est de 1352,65 mm (Diatta et *al.*, 2021). Quant à la Moyenne Casamance, elle dispose d'une pluviométrie annuelle relativement abondante (> 800 mm) et d'un réseau hydrographique dense, caractérisé par la présence d'un ensemble d'affluents du fleuve Casamance qui alimentent les vallées et les plaines alluviales (Manzelli et *al.*, 2015). La Casamance possède un riche potentiel édaphique à vocation agricole estimé à 210 000 ha dans la région de Ziguinchor et 380 000 ha dans le Département de Sédhiou (PRIMOCA, 1990). La géomorphologie de cette région est caractérisée par des unités de paysage qui présente chacune des caractéristiques pédologiques et agricoles bien définies (Manzelli et *al.*, 2015). Les sols y sont riches et variés dans l'ensemble, emboîtés dans un paysage de plateaux qui s'abaissent vers la côte parsemée par un réseau hydrographique de plus en plus dense fait de vallées alluviales et de marigots permanents (Sané et *al.*, 2010). Les conditions climatiques globalement favorables et la relative densité du réseau hydrographique confèrent à la Casamance une certaine diversité des paysages (Sané et Mbaye, 2007).

Tableau 1. Répartition et localisation des sites

Régions	Types	Départements	Communes	Sites
Basse Casamance (Ziguinchor)	Digues	Oussouye	Oukoute	Emaye
			Santhiaba Mandjaque	Effoc, Youtou
	anti-sels	Ziguinchor	Boutoupa Camaracounda	Barca Banao
			Adéane	Diagnon
			Kataba 1	Katack, Mahamouda 2
		Ziguinchor	Niaguis	Mandina Kaguille

		Bignona	Sindian	Boulayote
	Digue de retenue		Oulampane	Diamaye Inor, Koundioughor
Moyenne		Goundomp	Djibanar	Sémène
Casamance			Niagha	Saré Lao/Saré Koundiang
(Sédhiou)		Boukiling	Bona	Sita

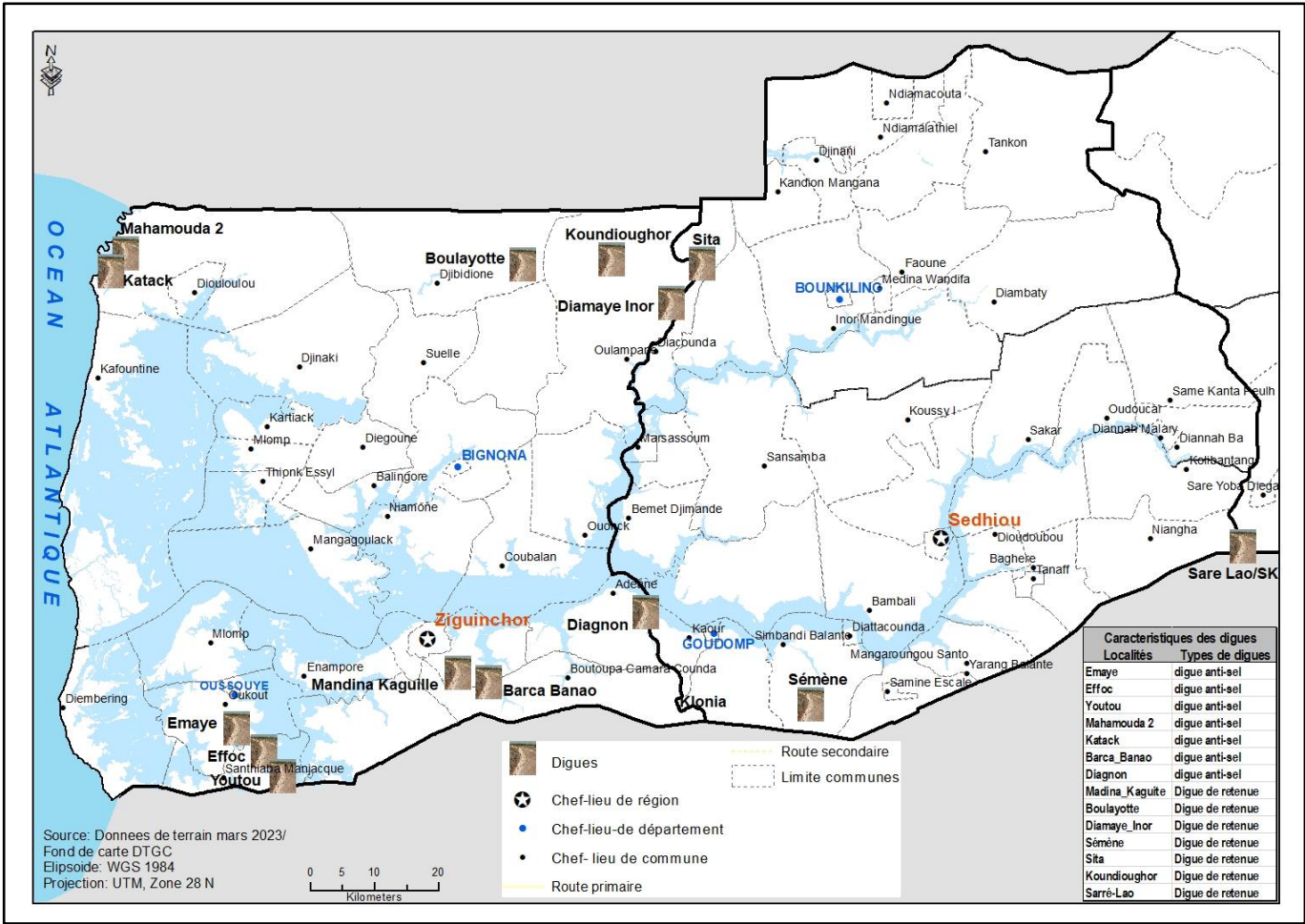


Figure 1. Localisation de la zone d'étude

2.2. Collecte des données

La collecte des données a été réalisée à trois niveaux : une enquête socioéconomique, des prélèvements des échantillons de sol et en fin une acquisition des images satellitaires.

2.2.1. Prélèvement, conditionnement et analyse des échantillons de sol

Des échantillons de sol ont été prélevés à l'aide d'une tarière le long d'un axe défini de façon verticale et équidistante, en amont et en aval de chaque digue anti-sel sur une profondeur de 20 cm. Les échantillons ont été mis dans des sachets et étiquetés avec

l'aide de marqueurs indélébiles. Les coordonnées géographiques de chaque échantillon ont également été relevées à l'aide d'un GPS portable de marque Garmin eTrex. Un échantillonnage systématique et proportionnelle a été utilisé pour prélever les échantillons de sol en amont et en aval des aménagements hydroagricoles. Un layon perpendiculaire à l'ouvrage hydroagricole avec des échantillons de sol prélevés à une équidistance de 50 m a été utilisé. Un total de 35 échantillons de sol a été collecté dont 14 et 21 échantillons en aval et en amont respectivement.

Les échantillons de sol prélevés ont été acheminés au laboratoire d'Agroforesterie et d'Ecologie (LAFE) du département d'agroforesterie de l'Université Assane Seck de Ziguinchor pour déterminer la conductivité électrique (CE) et de potentiel hydrogène (pH). Le matériel utilisé pour déterminer ces paramètres est composé d'une balance de précision, de béciers de 20 ml, d'un agitateur et d'un pH-mètre multifonctionnel. La détermination du pH au laboratoire a été faite par la méthode de l'extrait dilué. Un extrait aqueux 1/2,5 a été utilisé. Ainsi, 20g de sol ont été prélevés et dilués dans un bécier de 50ml d'eau distillée. La solution obtenue a été agitée à l'aide d'un agitateur pendant 2 à 3 minutes. Le mélange est laissé au repos pour décantation. La mesure du pH du sol a été effectuée après 10 à 20 minutes. La salinité de chaque échantillon a été déterminée à partir des données de conductivité électrique. Un extrait aqueux 1/10 a été utilisé, soit 20g de sol pour 200ml d'eau distillée. Après mélange, la solution est laissée au repos pendant 20 à 30 minutes. La mesure de la conductivité électrique a été effectuée après décantation de la solution.

L'interprétation des résultats obtenus est faite sur la base de l'échelle d'interprétation (Tableau 2) de Durand (1983) modifiée.

Tableau 2. Échelle d'interprétation du pH et de la CE des sols en fonction de leur degré de salinité

CE ($\mu\text{S/cm}$)	Interprétation	pH	Interprétation
< 250	Non salin	< 4,5	Extrêmement acide
250 – 500	Légèrement salin	4,6 - 5,2	Très acide
500 – 1000	Salin	5,3 - 5,5	Acide
1000 – 2000	Très salin	5,6 - 6,0	Modérément acide
> 2000	Extrêmement salin	6,1 - 6,6	Faiblement acide

Source. Durand (1983) modifiée

2.2.2. Enquête socio-économique

Selon les données du Comité International de Croix Rouge (CICR), les données démographiques des ménages bénéficiaires des ouvrages hydroagricoles, nous avons les totaux des ménages de la zone d'étude. Le nombre total des ménages. Pour une analyse des impacts de la réalisation des digues, nous avons procédé par une opération de choix aléatoire de 30% du total des ménages bénéficiaires des digues. Cela nous a donné 180 ménages à enquêter dont 100 ménages pour les digues anti-sels et 80 ménages pour les digues de retenue d'eau, répartis en fonction du poids démographique de chaque localité (Tableau 3). Les enquêtes sont effectuées du 9 mars au 10 mai 2023 ont été menées à l'aide d'un questionnaire.

Tableau 3. Taux de sondage

Localités	Nombre total de ménages	Nombre de ménages enquêtés	Taux de sondage (%)
Emaye	84	21	11,7
Effoc	104	26	14,4
Youtou	60	15	8,3
Barca Banao	48	12	6,7
Diagnon	64	16	8,9
Katack	100	25	13,9
Mahamouda 2	80	20	11,1
Mandina Kaguille	40	10	5,6
Boulayotte	24	6	3,3
Diamaye Inor	36	9	5
Koudiounghor	20	5	2,8
Sémène	12	3	1,7
Sarré Lao/Koundiang	32	8	4,4
Sita	16	4	2,2
Total	720	180	100

2.2.3 Etude de la dynamique des unités paysagères autour des ouvrages hydroagricoles

Les images satellites Landsat8 du capteur Operational Land Imager (OLI) de l'année 2015 et 2023 ont été gratuitement téléchargées sur le site www.earthexplorer.usgs.gov de United States of Geological Survey. Ces données sont acquises à la même période au mois février. Elles sont idéales pour les études des écorégions car elles intègrent à la fois les attributs biophysiques et anthropiques du paysage. Le choix de ces images se justifie par le fait que sur l'ensemble des sites de la zone d'étude, la plupart des digues ont été réalisées entre 2017 et 2021. Nous avons voulu avoir l'état des rizières avant et après installation des digues.

Les images choisies ont subi un prétraitement. Le prétraitement des images satellitaires est une étape importante dans l'étude et la détection des changements des paysages par télédétection. Il a pour objet de rendre compatible les images multitemporales. C'est-à-dire prises à des dates différentes (Jofack Sokeng et al., 2016). Le prétraitement est effectué dans le logiciel ENVI 5.6. Il a consisté à appliquer aux images satellites des années 2015 et 2023, des corrections géométriques. USGS (Institut d'Etudes Géologiques des Etats-Unis) fournit des images Landsat déjà orthorectifiées et corrigées au système de coordonnées appropriées (Ouatar, 2011). Néanmoins, nous avons procédé à une correction de plus sur les images Landsat pour réduire l'Erreur Moyenne Quadratique (REQM) qui se situe de manière générale en dessous de 1/2 Pixel. Elles sont par la suite projetées dans le système global WGS 1984, UTM, Zone 28N. Ces conversions fournissent une base de comparaison normalisée de données en une seule scène ou entre les images acquises à des dates différentes ou par différents captures (Chander et al., 2013). Sur la zone d'étude extraite, plusieurs techniques de rehaussements et de transformations d'images ont été appliquées. Il s'agit des combinaisons de bandes, des analyses en composantes principales et le calcul des ratios. Il s'en est suivi la création de néo-canaux, notamment l'ACP et le NDVI. Ce dernier permet de détecter, par des changements de productivité de la végétation, des changements de

couvert forestier (Guo et *al.*, 2018). L'ACP permet de synthétiser un ensemble de données exprimées initialement par des variables fortement corrélées en un nombre réduit de nouvelles variables « décorréées » qui expriment le maximum de variance dans les données brutes (Carvalho et Gherardi, 2008). Ceux-ci nous ont permis d'obtenir les meilleures compositions colorées qui facilitent une bonne discrimination spectrale des grandes classes d'occupation du sol.

La détermination et la compréhension des différentes classes thématiques des écosystèmes sur les images satellites ont été rendues possibles grâce aux observations de terrain associées à celles dérivées de l'image Pléiade 2015 de haute résolution (50 cm) et des travaux antérieurs. Ces observations ont permis de distinguer les différentes signatures spectrales qui caractérisent la zone d'étude lors de la définition des parcelles d'entraînement. Ainsi, les unités d'occupation du sol répertoriées sont représentées en onze classes d'occupation du sol. Sur la base des caractéristiques spectrales des types d'occupation du sol identifiées, des parcelles d'échantillonnages ont été sélectionnées, visitées et validées sur le terrain. Cette mission de terrain qui coïncidait au mois de prise de l'image de 2023, a permis de sélectionner des sites d'entraînement assez proches de la réalité de terrain pour offrir une bonne classification des images. Ainsi, une classification supervisée a été appliquée aux différentes images. De plus, cette méthode de classification présuppose que les statistiques de la zone d'entraînement de chaque classe suivent une distribution gaussienne (Duminili, 2007). La classification des images Landsat de l'année 2023 par maximum de vraisemblance a d'abord été réalisée sur la base des zones d'entraînements collectés au cours des campagnes de terrain.

Des missions de vérification et de validation des images classifiées a été faite sur le terrain. Elle a été une étape très importante et a permis de confirmer avec précision les informations contenues sur la carte. Cette vérification est utilisée pour valider le résultat de la classification à travers le calcul d'une matrice de confusion (Antoine, 2013). Les images de 2023 ont servi de référence pour valider la classification des unités d'occupation du sol de l'images de 2015 puisque la vérification de différentes strates retenues a été faite en 2023 lors de la collecte de données. Sur les images, un maximum de zones d'entraînement a été échantillonné dans différentes classes d'occupation du sol. Ce qui permet de rehausser la précision globale « overall accuracy » de la classification des images de référence ((Abdou et *al.*, 2019). Huit cent soixante-dix points (870) répartis de façon régulière sur l'ensemble des unités d'occupation issues de la classification de l'image de 2023 ont été vérifiés lors d'une campagne de terrain.

2.3. Analyse des données

Les données d'enquête ont été dépouillées et saisies sur tableur Excel. La fréquence de citations (FC) a été calculée en utilisant la formule suivante :

$$FC = \frac{\text{Nombre de citations}}{\text{Nombre de personnes enquêtées}} \times 100 \quad \text{Éq. 1}$$

Les données collectées ont été traitées avec le Tableur Excel et analysées grâce aux outils informatiques comme les logiciels R, ENVI et Arc Gis. Ces derniers ont permis de faire le traitement des images satellitaires, la numérisation, la confection des cartes et le calcul de la fréquence de citations, ainsi que la réalisation des figures et des tableaux statistiques. Le logiciel ArcGIS 10.8 a été utilisé pour la réalisation des cartes localisation et des cartes d'occupation du sol. Le logiciel R a été utilisé pour la réalisation des figures à partir données obtenues du calcul de la fréquence de citations. Pour faire la comparaison du pH et de la salinité du sol entre l'aval et l'amont des ouvrages hydroagricoles, une analyse de variance (ANOVA) suivie d'un test de comparaison de Tukey au seuil de 5% a été réalisée à l'aide du logiciel R 4.2.2.

3. Résultats

3.1. Activités socioéconomiques autour des digues

Les résultats de l'enquête montrent une diversification des activités agricoles en amont comme en aval des digues (Figure 2). Ainsi, les fréquences de citation indiquent que 53% des ménages cultivent du riz autour des digues. L'élevage constitue la deuxième activité agricole la plus développée après la riziculture avec 17 % des personnes enquêtées. La pêche, le maraichage, la saliculture, le commerce de produits végétaux non ligneux et agricoles et la plantation de mangrove se sont développés depuis la réalisation des digues. Parmi ces activités, la riziculture, l'élevage et la pêche se sont développés en amont et/ou en amont des deux types de digues (retenue et anti-sel). La saliculture, la plantation de mangrove, le commerce des produits agricoles et forestiers non ligneux ne sont pratiqués qu'autour des digues anti-sel. Le maraichage constitue la seule activité qui s'est développée uniquement en amont des digues de retenue.

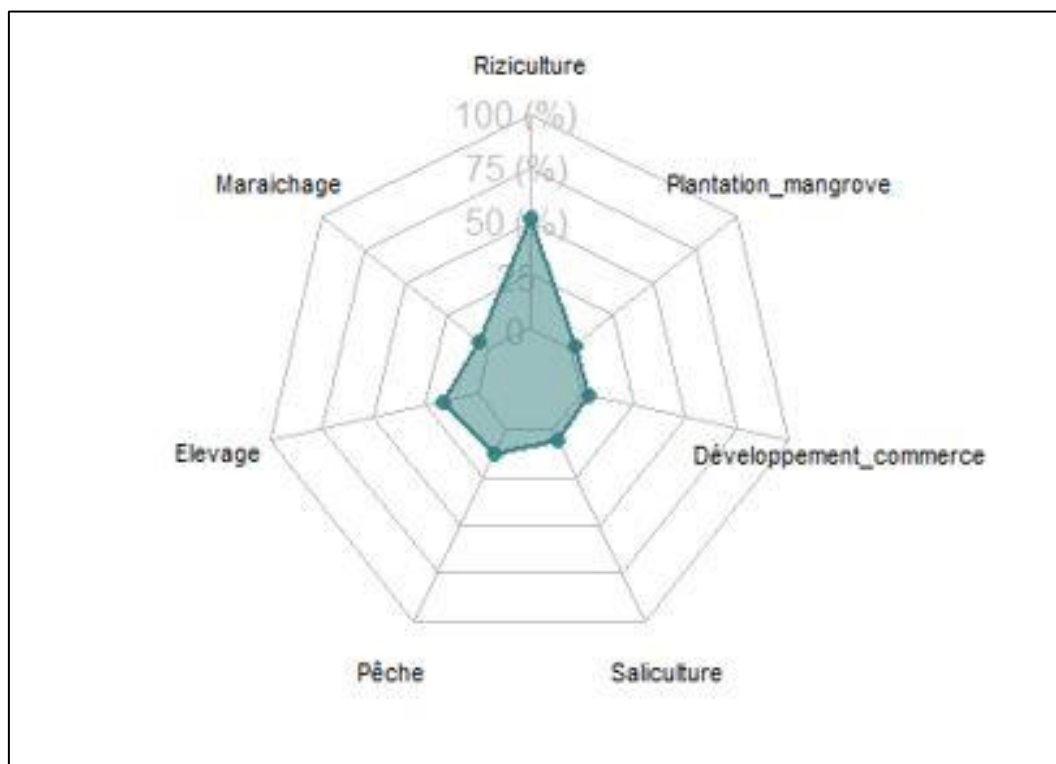


Figure 2. Principales activités autour des infrastructures

La retenue d'eau des ouvrages constitue un point d'eau pour l'abreuvoir du bétail pendant une bonne période de la saison sèche. Les vastes terres non encore exploitées servent aussi de lieu de pâturage pour le bétail durant toute l'année. La retenue est colonisée par des espèces de poissons telles que le *Tilapia* (Figure 3) durant toute la saison des pluies et quelques mois (3 à 4) après l'arrêt des pluies. Cette espèce de poisson constitue une véritable source de protéines dans des zones où le poisson se fait souvent rare. La digue de Effoc sert quant à elle d'embarcadère permettant ainsi de faciliter le transport des produits agricoles et forestiers non ligneux vers les marchés d'Oussouye, de Cap-Skiring et des villages environnants. Au niveau de la digue de Diagon, la salinisation des terres rizicoles qui persiste d'année en année a occasionné la reconversion des femmes vers la saliculture.



Figure 3. Poissons (*Tilapia sp*) en amont de la digue de Sita (Sambou, 2020)

3.2. Production du riz autour des digues

Les résultats montrent que la réalisation des aménagements hydroagricoles a permis le développement de la production rizicole. Ainsi, 63% des personnes enquêtées (Figure 4) affirment que les aménagements hydroagricoles seraient à l'origine du développement de la production rizicole en termes de superficies et de rendement. Selon 60 % des personnes enquêtées, les rendements des cultures ont connu une amélioration sensible. En effet, la récupération des terres salées et la retenue d'eau au niveau des digues auraient permis l'amélioration des conditions pédoclimatiques au niveau des vallées. Malgré une amélioration de la production, les pratiques rizicoles restent les mêmes avec l'utilisation du *Kadiandou* pour le travail du sol. En revanche, autour des digues de retenue, 11 % des personnes enquêtées affirment avoir mécanisé le système de préparation du sol.

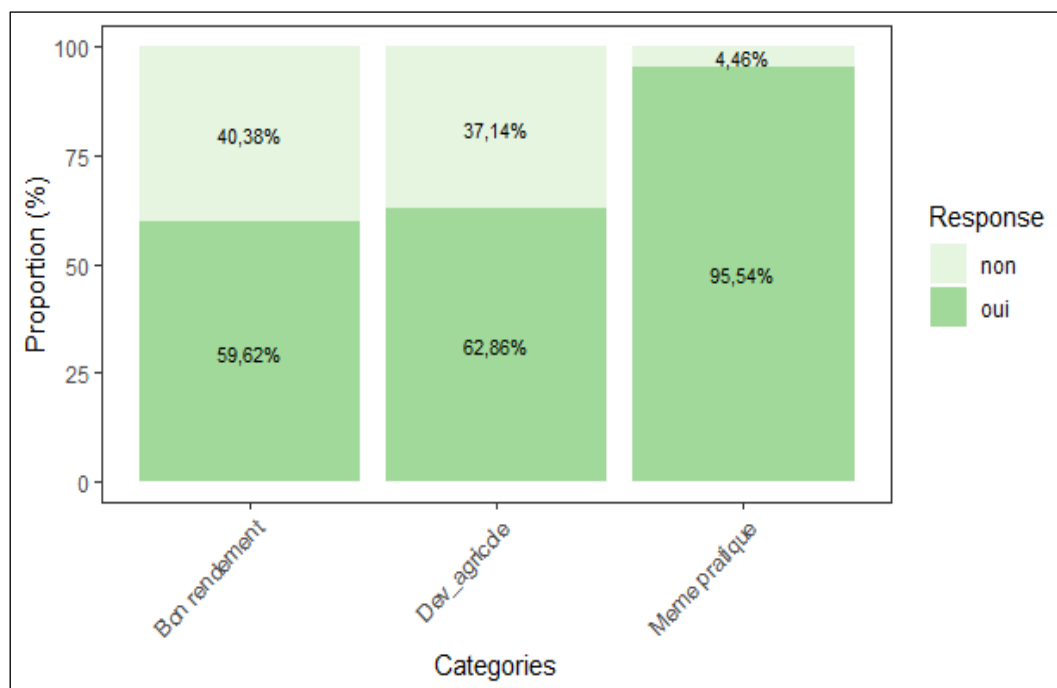
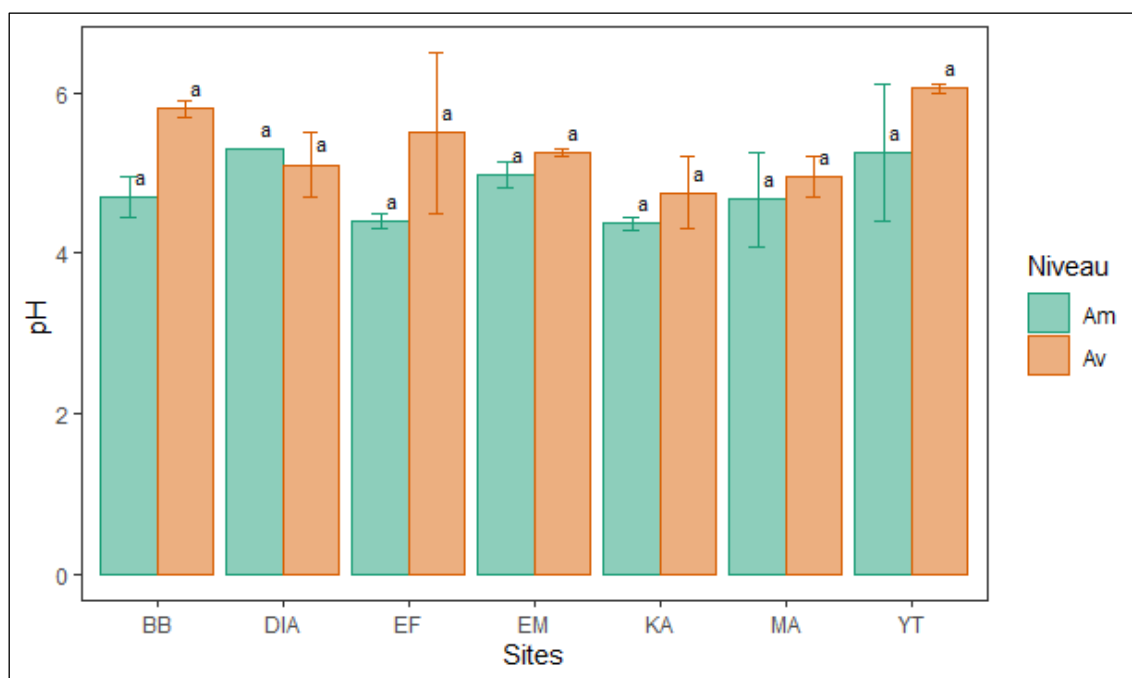


Figure 4. Développement de la production agricole autour des infrastructures

3.3. Acidité et salinité des sols en amont et en aval des digues

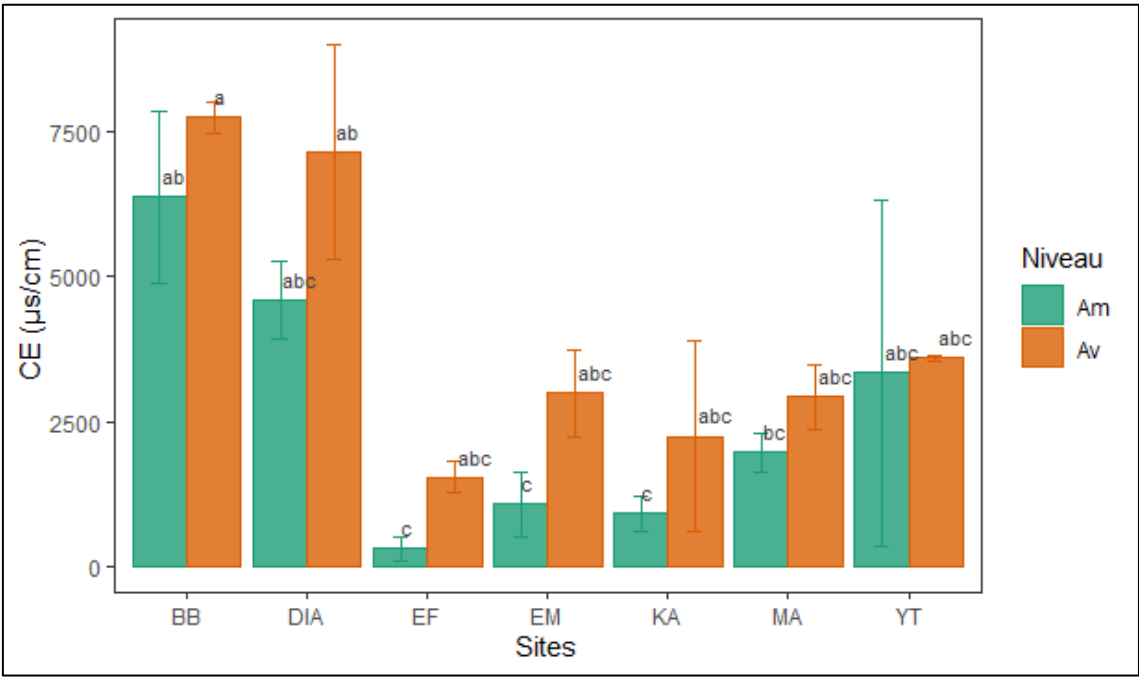
Les résultats des analyses montrent globalement que les sols sont acides dans l'ensemble des sites étudiés (Figure 5). Les valeurs de pH observées sont comprises entre 3,5 et 6,5. Ces valeurs de pH ont été respectivement observées dans les sites de Mahamouda 2 et de Effoc. En aval, le pH est compris entre 4,3 et 6,5 respectivement au niveau des sites de Barca Banao et de Effoc. Sa valeur moyenne la plus basse a été obtenue dans cette partie à Barca Banao (5,8) et, la plus élevée à Youtou (6,05). En amont, le pH oscille entre 3,5 et 6,1 respectivement à Mahamouda 2 et à Youtou. La valeur moyenne de pH observée dans cette partie est plus basse à Katak (4,37) et plus élevée à Youtou (5,25). En moyenne, le pH est plus acide en amont qu'en aval dans la quasi-totalité des sites étudiés. De façon globale, les différentes unités de sols identifiées au niveau des sites étudiés sont acides à très acides et passent parfois à extrêmement acide en aval des digues anti-sels de Katak et de Effoc. Les sols de Barca Banao et de Youtou restent modérément acides en aval des digues.



BB : Barca Banao, DIA : Diagon, EF : Effoc, EM : Emaye, KA : Katak, MA : Mahamouda 2, YT : Youtou, Am : amont, Av : aval

Figure 5. pH du sol en amont et en aval des digues

Les résultats des analyses d'échantillons de sols montrent des niveaux de salinité variable d'un site à un autre mais aussi d'aval en amont des digues. Les valeurs de conductivité électrique (CE) varient globalement entre 30 et 9000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivement dans les sites de Emaye et de Diagon. En moyenne, ces valeurs de conductivité électrique sont plus élevées en aval qu'en amont des digues sur l'ensemble des sites étudiés (Figure 6). Les plus grandes valeurs moyennes sont obtenues au niveau des sites de Barca Banao (7740 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et à Diagon (7155 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Par contre, les valeurs moyennes de conductivité électrique les plus basses sont obtenues à Effoc (300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et à Katak (913,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Des valeurs intermédiaires sont également observées à Emaye (1073,3 $\mu\text{S}/\text{cm}$), à Mahamouda 2 (1966,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et à Youtou (3335 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Les digues de Mahamouda 2 et de Youtou sont bien construites. Pour Emaye, la vétusté de la digue permet à l'eau marine s'introduire sur les parcelles rizicoles mais sur une petite portion comparée à la superficie rizicole. Ce qui pourrait empêcher ou réduire considérablement les intrusions marines, considérées comme un des principaux facteurs responsables de la salinisation des rizières de la zone.



BB : Barca Banao, DIA : Diagonon, EF : Effoc, EM : Emaye, KA : Katak, MA : Mahamouda 2, YT : Youtou, Am : amont, Av : aval

Figure 6. Conductivité électrique (CE) en amont et en aval des digues



Figure 7. Tanne en aval de la digue anti-sel de Youtou (Sané, 2023)

3.4. Etat de l’occupation du sol de la Basse et Moyenne Casamance de 2015 et 2024

La dynamique d’occupation des sols entre 2015 et 2024 est marquée par une régression de la forêt dense sèche, de la forêt claire et de la savane boisée et une progression de la savane arbustive et de la mangrove dans l’ensemble de la zone d’étude (Figure 8). Pendant cette même période, une diminution des superficies agricoles a été observée avec des écarts respectifs de -15741 et -

21752 ha pour la riziculture et les autres cultures au profit des eaux et des vasières pour des écarts respectifs de +78363 et +21072 ha.

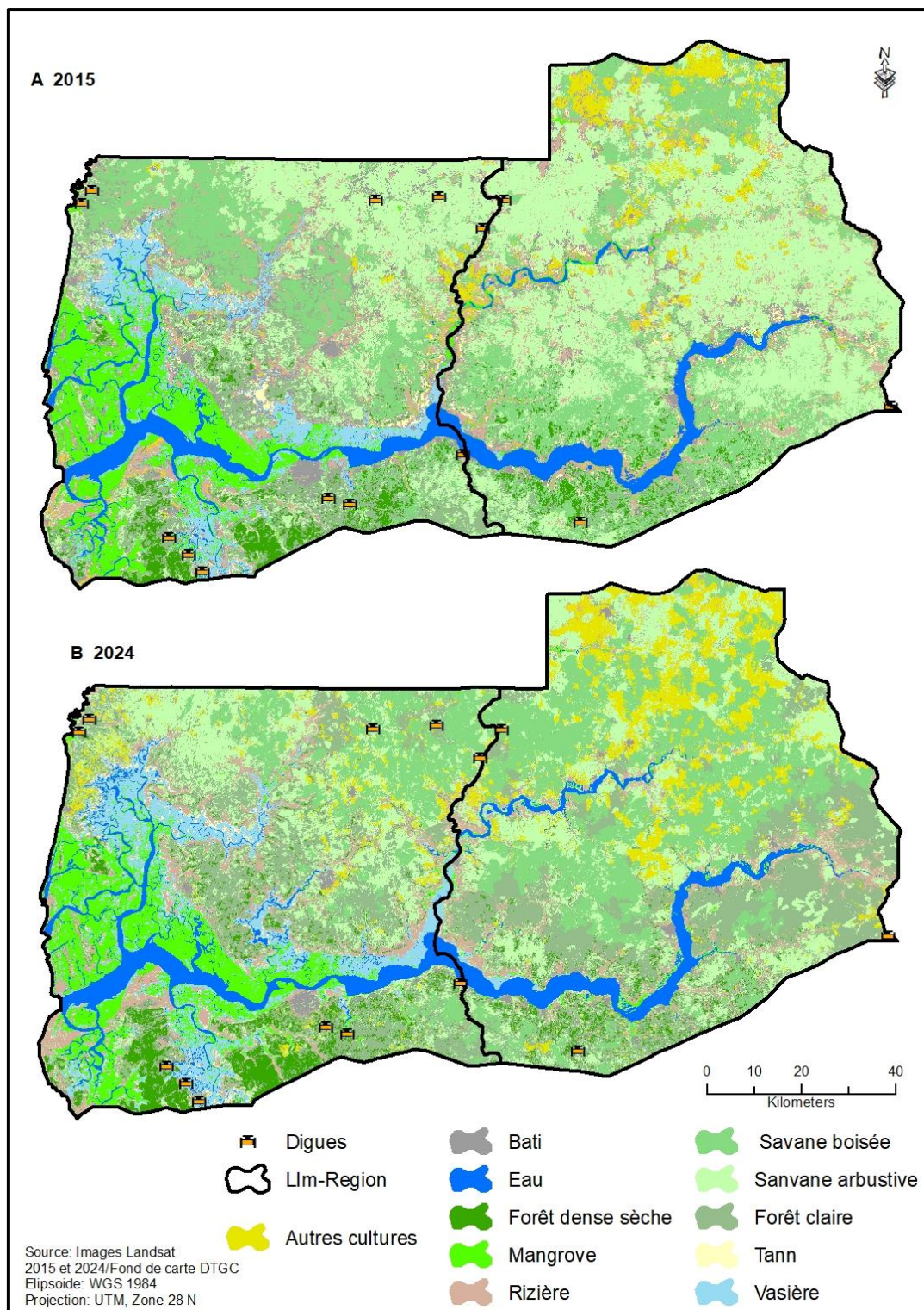


Figure 8. Occupation du sol de la zone d'étude en 2015 (A) et en 2024 (B)

3.6. Changement des unités d'occupation du sol de la Basse et Moyenne Casamance

Contrairement à ce qui se passe de façon générale dans les régions de la Basse et Moyenne Casamance, le bilan global de la dynamique des paysages forestiers de terre ferme (forêt dense sèche, forêt claire, savane arbustive, savane boisée) est celui d'une progression importante du couvert ligneux entre 2015 et 2023 sur un rayon de 1 km autour des ouvrages hydroagricoles (Tableau 3). Il a également été noté à l'intérieur de ce diamètre le passage d'un type de végétation inférieure à un type de végétation supérieure. Cet accroissement de la végétation est beaucoup plus observé en amont qu'en aval des ouvrages. Il peut s'agir d'une régénération naturelle de la végétation dont la principale cause reste l'amélioration des conditions pédoclimatiques due à la retenue d'eau. Dans la même dynamique, le bilan global de l'évolution des paysages en milieu humide est celui de la progression de la mangrove.

Tableau 4. Evolution de l'occupation du sol en Basse et Moyenne Casamance de 2015 à 2023

Classes	Superficie 2015 (ha)	Superficie 2023 (ha)	Ecart (ha)	Taux de varia- tion (%)
Bâti	73855,41	10164,44	-63690,97	-6,27
Forêt dense sèche	60090,93	57626,19	-2464,74	-0,04
Forêt claire	354794,90	292936,91	-61858,00	-0,21
Savane boisée	411755,80	335911,55	-75844,26	-0,23
Savane arbustive	102475,91	259389,07	+156913,16	+0,60
Mangrove	78769,92	99242,19	+20472,27	+0,21
Eau	14278,92	92642,10	+78363,18	+0,85
Rizière	137733,72	121992,39	-15741,33	-0,13
Autres cultures	120853,62	99101,14	-21752,47	-0,22
Tanne	46025,46	10636,80	-35388,65	-3,33
Vasière	67514,39	88586,02	+21071,63	+0,24

4. Discussion

4.1. Acidification des sols

L'acidification représente un phénomène de dégradation de sols de vallées, subséquent au déficit pluviométrique et, notamment, au rabattement généralisé des aquifères qui, dans les sols précédemment occupés par les mangroves, en déterminant leur exondation et, donc, de conditions aérobies prolongées. Cette acidification provoque l'oxydation des sulfures et, par conséquence, une très forte acidification (pH de 7 à < 3) (Manzelli et al., 2013). L'hyper acidification s'expliquerait par l'oxydation des sulfures de fer (Sène, 2014 ; Sadio, 1991) qui conduit à une importante production d'acide sulfurique H₂SO₄ (Brady et Weil, 2014).

L'acidité des sols des sites est donc une contrainte majeure car le riz, qui y est cultivé pour le moment, se comporte mieux si le pH est compris entre 5 et 6,5 (Brady et Weil, 2014). L'action néfaste de l'acidité se traduit par la forte mobilité dans la solution

du sol d'éléments nocifs tels que SO_4^{2-} , Al^{3+} , Fe^{3+} et H^+ . Ces éléments sont très toxiques pour les plantes surtout quand ils sont en excès et perturbent leur nutrition minérale en Ca^{2+} , Mg^{2+} et K^+ , indispensables à la constitution des tissus végétaux (Baule et Fricker, 1969). D'après Brady et Weil (2014), dans les sols très acides la disponibilité en macronutriments (Ca, Mg, K, P, N, et S) et des deux micronutriments Mo et B est très réduite. Les valeurs de pH inférieures à 5 limitent la croissance et le développement de la culture du riz (Boyer, 1982). Or la quasi-totalité des valeurs moyennes de pH mesurées au niveau des sites étudiés dans la partie encore soumise à la culture du riz (amont des digues) sont inférieures à 5. Elles varient essentiellement entre 4,3 et 4,9. Il y a seulement à Youtou (5,25) et à Diagon (5,3) où ces valeurs de pH sont supérieures à 5. Pour l'aval des digues, partie non encore soumise à la riziculture, ces valeurs moyennes de pH sont inférieures à 5 qu'au niveau de deux sites (Katak et Mahamouda 2).

Ces résultats corroborent avec les résultats de Sané et al. (2021), trouvés au niveau des sols des vallées rizicoles du bassin versant de Diouloulou, en Basse Casamance. Selon Sène (2014), les différentes unités de sols identifiées dans la vallée de Tamra sont très acides et passent parfois à hyper acide en profondeur. Dans la commune de Mlomp en Basse Casamance, des valeurs de pH comprises entre 4,4 et 5,9 ont été mesurées (Biaye et al., 2021).

4.2. Salinisation des sols

Il a ainsi été constaté, dans notre étude, l'existence d'un gradient de salinité décroissant d'aval en amont suivant l'axe principal des vallées. Cette distribution spatiale confirme les observations de Montoroi (1996) en Casamance et de Sène (2014) dans la vallée de Tamra. Pour la quasi-totalité des sites, les valeurs de CE inférieures à 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ont été mesurées avant comme après les digues anti-sels, à l'exception des sites de Barca Banao et de Diagon où ces valeurs sont largement supérieures à 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Rappelons que Sène (2014) estiment la tolérance du riz à une conductivité électrique de 4000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ce qui pourrait expliquer les vastes superficies de terres rizicoles abandonnées au niveau de ces deux sites. Les travaux de Cissokho et al. (2019) ont révélé que 75 % des rizières de Baïla sont abandonnées en raison de la salinisation liée à la remontée des eaux marines à travers le fleuve Casamance et son affluent, le marigot de Baïla. L'étude de caractérisation des zones de bas-fonds de la région de Sédhio (Moyenne Casamance) réalisée par Manzelli et al. (2015) a révélé que la salinisation reste la contrainte majeure qui compromet durablement la production rizicole locale. L'intrusion des eaux marines reste la cause principale de la salinisation en particulier au niveau des vasières et de certains bas-fonds (Biaye et al., 2021). Les valeurs de la conductivité électrique sont réparties en cinq (5) classes selon l'échelle d'interprétation du pH et de la CE des sols en fonction de leur degré de salinité de Durand (1983). Cette classification a été reprise par Faye et al. (2019) sur les terres salées du nord de l'estuaire du Saloum. Selon cette classification, les sols de la Basse Casamance restent globalement très salés ($\text{CE} > 1000 \mu\text{S}/\text{cm}$). Toutefois, des sols légèrement salés (300 $\mu\text{S}/\text{cm}$) et salés (513 $\mu\text{S}/\text{cm}$) ont été respectivement observés en amont des digues de Effoc et de Katak. Les sols des sites de Barca Banao, de Diagon et de Youtou demeurent encore hyper-salés avec des valeurs de conductivité électrique supérieures à 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

4.3. Occupation du sol du Basse et Moyenne Casamance de 2015 et 2024

Les résultats ont montré une régression la forêt dense sèche, de la forêt claire et de la savane boisée tandis que la savane arbustive a connu une progression. Cela pourrait être dû aux activités anthropique notamment les coups de bois pour les besoins vitaux, principalement énergétiques. Ces résultats sont proches de ceux de Dramé et al. (2023) dans le Bassin rizicole de Bakoum (Région de Sédhio / Sénégal et de Koueta et al. (2024) à l'Ouest du Burkina Faso, qui ont trouvé une régression des formations végétales et une augmentation des superficies des paysages humanisés.

En revanche, l'amélioration des conditions pédoclimatiques due à la retenue d'eau pourrait être la principale cause de la régénération de la végétation en amont des ouvrages sur un rayon de 1km. La dynamique progressive de la végétation illustre la capacité de résilience des écosystèmes de mangrove qui ont réussi à se régénérer lorsque les conditions pluviométriques sont redevenues favorables : la lixiviation au sel et au soufre du sol a permis à la mangrove de repousser avec parfois de nouveaux semis de *Rhizophora mangle* et des ventouses d'arbres et d'arbustes presque morts d'*Avicennia africana* (Soumaré et al., 2020). À cette régénération naturelle s'ajoute le reboisement récent par les populations avec ou sans l'appui d'ONG (Bassène et al., 2013). Toutefois, une diminution de la mangrove a été notée en aval des digues anti-sels de Katak, Mahamouda 2 et Barca Banao où une mortalité importante des palétuviers a été observée. Les perturbations du régime hydrologique, la réduction de l'écoulement d'eau douce et sa substitution par de l'eau salée participent grandement à la baisse des superficies de la mangrove (Dieye et al., 2013 ; Diop et al., 2024b). À cela s'ajoute la mise en place d'ouvrages hydroagricoles et/ou de pistes de désenclavement dans ces localités dont la gestion de l'eau fait défaut. En effet, une piste de désenclavement a été construite sans ouvrage de régulation des eaux en amont de la digue anti-sel mise en place par le CICR à Barca Banao. Ce qui empêcherait les échanges d'eau d'amont en aval, et vice versa. Ceci pourrait expliquer les fortes teneurs en sels mesurés en aval de la piste lors des analyses de sol (CE comprise entre 7480 et 8000 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Au niveau des localités de Mahamouda 2 et de Katak, une gestion non adaptée des ouvrages des digues dites anti-sels a été notée. Une telle situation montre que la participation des paysans à la conception des ouvrages et leur implication dans la prise de décision sur la gestion des ouvrages ont une incidence positive sur la gestion des périmètres irrigués. Ceci rejoint les travaux de Agossadou et al. (2023) qui estime qu'il faut prendre en considération les préoccupations des producteurs dans toutes œuvres d'aménagements hydroagricoles. Assih et al. (2024) quant à eux soutiennent que l'aménagement des espaces ruraux doit s'insérer dans les démarches d'élaboration des documents de planification. Il propose ainsi, la création des comités de pilotage regroupant les élus, les spécialistes de l'aménagement du territoire, agriculteurs, et exploitants des différents secteurs de la zone, ce qui permettra la participation de tous à la gestion de cet environnement. Pour le cas des ouvrages hydroagricole, ces comités auront pour rôle non seulement de faire des entretiens (Folega et al. 2023 ; Fousseni et al. 2011).

Les vannes des ouvrages restent toujours fermer, empêchant ainsi l'écoulement et les échanges d'eau entre l'amont et l'aval des digues. L'aval de ces digues est caractérisé par une forte salinité du sol avec des valeurs de conductivité électrique comprises entre 610 et 3880 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 2370 et 3490 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivement à Katak et à Mahamouda 2.

5. Conclusion

Ce travail avait pour objectif d'évaluer les impacts socio-économiques et environnementaux des aménagements hydroagricoles en Basse et Moyenne Casamance. Les aménagements hydroagricoles ont permis la diversification des activités agricoles et économiques dans la zone d'étude. Cette diversification est accompagnée d'un bon développement de la riziculture en amont des digues avec des rendements satisfaisants. Cependant, la caractérisation de la salinisation et de l'acidification des sols ont permis d'appréhender leur degré de salinité et d'acidité. Les sols encore soumis à la riziculture reste globalement salé avec des valeurs de conductivité électrique comprises entre 30 et 9000 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Ces valeurs sont plus élevées dans les sites de Barca Banao et de Diagon. Ces sols restent acides avec des valeurs moyennes de pH comprises entre 3,5 et 6,5. Ces valeurs sont plus faibles au niveau des sites d'Effoc et de Katak. Les résultats cartographiques de la dynamique de l'occupation du sol ont mis en évidence l'extension des vasières entre 2015 et 2024 aux dépens des terres agricoles qui ont régressé. La mangrove et la végétation continentale (savane arbustive) ont vu leurs superficies augmenter entre 2015 et 2024.

Remerciement

Les auteurs remercient les exploitants des périmètres rizicoles protégés par les digues réalisées par le CICR et le personnel du CICR particulièrement le Coordonnateur du Programme WATHAB Jean Marcel KAVARUGANDA.

Contribution des auteurs

Rôle du contributeur	Noms des auteurs
Conceptualisation	Alphoussény Sané, Hyacinthe Sambou, Antoine Sambou
Gestion des données	Alphoussény Sané, Hyacinthe Sambou, Antoine Sambou
Analyse formelle	Alphoussény Sané, Hyacinthe Sambou, Antoine Sambou
Enquête et investigation	Alphoussény Sané
Méthodologie	Alphoussény Sané, Hyacinthe Sambou, Antoine Sambou
Supervision Validation	Hyacinthe Sambou, Antoine Sambou
Écriture – Préparation	Alphoussény Sané, Hyacinthe Sambou
Écriture – Révision	Alphoussény Sané, Hyacinthe Sambou, Antoine Sambou

Références

- Abdou, I., Abass, T., Massoud, M., Rabiou, H., Soumana, I., et Bogaert, J. (2019). Influence des Pressions Anthropiques sur la Dynamique Paysagère de la Reserve Partielle de Faune de Dosso (Niger). *International Journal of Biological and Chemical Sciences* (13(2)), 1094-1108. doi: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.41>
- Africa-Rice et IRAG. (2010). *Renforcement de la disponibilité et de l'accès aux services statistiques rizicoles : une contribution à l'initiative d'urgence pour le riz en Afrique Subsaharienne*. Guinée Conakry.
- Agossadou, M. H., Degla, P., Agalati, B., et Djagoun, D. V. (2023). Analyse des modes de gestion locale des systèmes d'irrigation à Malanville au nord est du Bénin. *Rev Écosystèmes et Paysages (Togo)* (3(1)), 120 –129. doi: <https://doi.org/10.59384/recopays2023.3-1>
- Antoine, M. (2013). *Développement et automatisation de méthodes de classification à partir de séries temporelles d'images de télédétection - Application aux changements d'occupation des sols et à l'estimation du bilan carbone*. Toulouse, France.
- Assih, A., Kabissa, M. E., et Kankpenandja, L. (2024). Dynamique des surfaces dans le bassin versant de la rivière kpelou et stratégie de préservation de cet environnement. *Revue Écosystèmes et Paysages (Togo)* (4(1)), 1-10. doi: <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4115>
- Barry, B., et Posner, J. (1985). *Effet de la technique de préparation mécanique du sol et des systèmes d'aménagement sur le dessalement d'un sol de tanne*. ISRA-CRA Djibouti.
- Bassène, O. (2016). *L'évolution des mangroves de la Basse-Casamance au sud du Sénégal au cours des 60 dernières années : surexploitation des ressources, pression urbaine, et tentatives de mise en place d'une gestion durable*.
- Bassène, O., Cubizolle, H., Cormier-Salem, M., et Sy, B. (2013). L'impact des changements démographiques et socio-économiques sur la perception et la gestion de la mangrove en Basse Casamance (Sénégal). *Géocarrefour*, vol. 88 (n° 4), 299-315. doi:10.4000/geocarrefour.9306
- Biaye, J., Sané, Y., Aidara, C., et Fall, L. (2021). Salinisation-acidification des sols et riziculture dans la commune de Mlomp, Oussouye (Basse-Casamance, Sénégal). *Agronomie Africaine* (33), 1-12. Récupéré sur <https://www.ajol.info/index.php/aga/article/view/207385>
- Boivin, P. (1990). *Caractérisation physique des sols sulfatés acides de la vallée de Katouré (Basse-Casamance, Sénégal). Etude de la variabilité spatiale et relations avec les caractéristiques pédologiques*. Paris, France: ORSTOM.

- Boyer, J. (1982). *Les sols ferrallitiques : facteurs de fertilité et utilisation des sols*. (éd. Collection Initiations-Documentations Techniques de l'Orstom). Paris.
- Brady, N., et Weil, R. (2014). *The nature and properties of soils*. New Delhi.
- Carvalho, M., et Gherardi, D. (2008). Mapping the Environmental Sensitivity to Oil Spill and Land Use/Land Cover Using Spectrally Transformed Landsat 7 ETM Data. *Brazilian Journal of Aquatic Science and Technology* (12), 1-9. doi: <https://doi.org/10.14210/bjast.v12n2.p1-9>
- Chander, G., Helder, D., Mishra, N., Aaron, D., Angal, A., et Choi, T. (2013). Applications of Spectral Band Adjustment Factors (SBAF) for Cross-Calibration. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* (51), 1267-1281. doi: <https://doi.org/10.1109/tgrs.2012.2228007>
- Cissokho, D., Coly, J., et Diombaty, I. (2019). Dégradation des rizières par salinisation à l'heure du changement climatique : une menace à la sécurité alimentaire à Baïla, *Belgeo* (10(2)), 77 - 83, <http://journals.openedition.org/belgeo/23362>.
- Demon, M., Rutsaert, P., Ndour, M., et Verbeke, W. (2013). Reversing urban bias in African rice market: evidence from Senegal. *World Development* (45), 63-74. doi: <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2012.11.011>
- Diatta, E., Sambou, B., Niang-Diop, F., et Diatta, M. (s.d.). Caractérisation du parc agroforestier à Parkia biglobosa (Jacq.) R. Br. Ex G. Don en Basse Casamance (Sénégal). *VertigO - la revue électronique en sciences de l'environnement*. doi: <https://doi.org/10.4000/vertigo.28668>
- Dieye, E., Diaw, A., Sané, T., et Ndour, N. (2013). Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010. *Cybergeog: European Journal of Geography [En ligne], Environnement, Nature, Paysage* (document 629). doi:DOI : <https://doi.org/10.4000/cybergeog.25671>
- Dieye, E., Diaw, A., Sané, T., et Ndour, N. (s.d.). Dynamique de la mangrove de l'estuaire du Saloum (Sénégal) entre 1972 et 2010. *Cybergeog: European Journal of Geography (En ligne), Environnement, Nature, Paysage* (document 629). doi: <https://doi.org/10.4000/cybergeog.25671>
- Diop, A. B., Samb, C. O., Barry, M., Ndour, A. A., Cissé, O., Mu Kenza, M. M., et Bogaert, J. (2024b). Dynamique spatio-temporelle de la mangrove du Parc National du Delta du Saloum (PNDS), Sénégal. *Revue Écosystèmes et Paysages (Togo)* (4 (1)), 1-17. doi: <https://doi.org/10.59384/reco pays.tg4102>
- Dramé, A. F., Ndiaye, S., et Djighaly, I. P. (2023). Caractérisation de la dynamique paysagère du Bassin rizicole de Bakoum (Région de Sédhiou/Sénégal). *Rev Écosystèmes et Paysages (Togo)* (03(1)), 167–181. doi: <https://doi.org/10.59384/recopays2023-3-1>
- Duminili, T. (2007). *Exploitation de données de télédétection en vue d'étudier la mise en place de l'écotourisme dans la région de Andavadoaka (Madagascar)*. Montpellier: Université Montpellier.
- Durand, J. (1983). *Les Sols irrigables : étude pédologique*. Agence de coopération culturelle et technique. Paris: Presses universitaires de France.
- Faye, B., Tine, D., Ndiaye, D., Diop, C., Faye, G., et Ndiaye, A. (2019). Évolution des terres salées dans le nord de l'estuaire du Saloum (Sénégal). *Géomorphologie : relief, processus, environnement, vol.25* (2), 81-90. doi: <https://doi.org/10.4000/geomorphologie.13125>
- Folega, F., Kanda, M., Fandjinou, K., Bohnett, E., Wala, K., Batawila, K., & Akpagana, K. (2023). Flora and typology of wetlands of Haho River Watershed, Togo. *Sustainability*, 15(3), 2814.
- Fousseni, F., Guoa, H. H., Haia, Z. X., Seburanga, J. L., Mande, S. A. S., & Koffi, A. (2011). Urban area vegetation changing assessment over the last 20 years based on NDVI. *Energy Procedia*, 11(9), 2449-2454.
- Guo, M., Li, J., He, H., Xu, J., et Jin, Y. (2018). Detecting Global Vegetation Changes Using Mann-Kendal (MK) Trend Test for 1982-2015 Time Period. *Chinese Geographical Science* (28), 907-919. doi:<https://doi.org/10.1007/s11769-018-1002-2>

- Hubert, P., et Carbonnel, J. (1989). *Approches statistiques de l'étude des séries pluviométriques de longue durée de l'Afrique de l'Ouest* (éd. Editions de l'IHEAL). (L. H.-). In B. Bret (éd.), Éd.) doi: <https://doi.org/10.4000/books.iheal.1238>
- Jofack, S., Kouamé, F., Dibi, N., et Tankoano, B. (2016). Cartographie de l'occupation de sol des Hauts Plateaux de l'Ouest Cameroun par réseaux de neurones appliqués à une image LANDSAT 8 OLI. *International Journal of Innovation and Scientific Research* (23), 443-454. doi: <http://www.ijisr.issr-journals.org/>
- Koueta, T. R., Nakoulma, G., Gomgnimbou, P. K., Alain, D., Zezouma A., et Guelbeogo, S. (2024). Analyse spatio-temporelle de l'utilisation des unités au sol de 1990-2020 à l'ouest du Burkina Faso. *Revue Écosystèmes et Paysages (Togo)* (4(1)), 1 – 20. doi: <https://doi.org/10.59384/recopays.tg4103>
- Manzelli, M., Bacci, M., Fiorillo, E., et Tarchiani, V. (2013). *Diagnostic de la riziculture de bas-fonds dans la région de Sédhiou*.
- Manzelli, M., Fiorillo, E., Bacci, M., et 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* (24), 301-312. doi:<https://doi.org/10.1684/agr.2015.0772>
- Montoroi, J. (1993). *Les sols et l'agriculture dans le domaine estuarien de Basse Casamance*. In *Conservation et utilisation durable des ressources naturelles du bassin hydrographique de la Casamance*. Ziguinchor, Dakar, Sénégal.
- Montoroi, J. (1996). Mise en valeur des bas-fonds en Basse-Casamance (Sénégal). (F. D. ORSTOM, Éd.) *Agriculture et développement* (10), 61 - 73. Récupéré sur <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010007742>
- Ouatara, A. (2011). *Mauritania and Senegal Coastal Area Urbanization, Ground Water Flood Risk in Nouakchott and Land User/Land Cover Change in Mbour Area*. Master Thesis, department of earth and ecosystem Sciences, Physical Geography and Écosystème Analysis Lund University, Sweden. Récupéré sur . <http://lup.lub.lu.se/student-papers/record/3015245>
- Pélissier, P. (1966). *Les paysans du Sénégal. Les civilisations agraires du Cayor à la Casamance*.
- PRIMOCA. (1990). *Profil socioéconomique du département de Sédhiou : Programme d'Appui au Programme National d'Investissement en Agriculture du Sénégal*. Dakar, Sénégal. Rapport de synthèse sur l'enquête agricole annuelle 1989/90, Sédhiou.
- Sadio, P., Mbaye, M., Diatta, S., et Sylla, M. (2020). Variabilité et changement hydroclimatiques dans le bassin-versant du fleuve Casamance (Sénégal). *La Houille Blanche* (6), 89–96. doi:<https://doi.org/10.1051/lhb/2021002>
- Sadio, S. (1991). *Pédogenèse et potentialités forestières des sols sulfatés acides salés des tannes du Sine-Saloum (Sénégal)*. Orstom. Dakar : Orstom éditions.
- Sagna, P., et Leroux, M. (2000). Climat. In *Les Atlas de l'Afrique : Sénégal*. Les Editions Jeune Afrique, 16 – 19.
- Sagna, P., Diop, C., Sambou, P. C., et Diokhane, A. M. (2017). *Tendances et perceptions des changements climatiques en zones urbaines*. In *Regards croisés sur les enjeux et perspectives environnementaux de la recomposition des espaces urbain et périurbain face aux changements climatiques*. Colloque, UASZ, Ziguinchor.
- Sané, T., Benga, A., et Sall, O. (2010). *La Casamance face aux changements climatiques : enjeux et perspectives*. Rennes. Récupéré sur <https://www.researchgate.net/publication/321529200>
- Sané, T., et Mbaye, I. (2007). *État des lieux et étude diagnostique de l'environnement de la Casamance*. Récupéré sur <https://www.researchgate.net/publication/321529418>
- Sané, Y., Fall, A., Dieye, A., Sy, B., et Ba, B. (2021). Caractéristiques physico-chimiques des sols des vallées rizicoles du bassin versant de Diouloulou, basse Casamance, Sénégal. *Am. J. Innov. Res. Appl. Sci.* (13(4)), 478-487. Récupéré sur https://www.iosrjen.org/Papers/vol15_issue5/D15052238.pdf

- Sène, J. H. (2014). *Étude du potentiel agro-écologique de la vallée rizicole de Tamra, île de Mar, Centre-Ouest du Sénégal*. Thèse de Doctorat de troisième cycle, Sciences de l'Environnement, UCAD, Dakar.
- Soumaré, S., Fall, A., Andrieu, J., Marega, O., et Diémé, B. (2020). Dynamique spatio-temporelle de la mangrove de Kafountine dans l'estuaire de la Basse-Casamance des années 1972 à nos jours. Approche par télédétection. *IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)* (10 (9)), 01-14. Récupéré sur https://iosrjen.org/Papers/vol10_issue9/Ser-1/A1009010114.pdf