



Varia juin 2024

Numéro coordonné par :

*Florent GOHOUROU
Maître de Conférences
UJLoG (Daloa - CI)*

*Quonan Christian
YAO-KOUASSI
Maître de Conférences
UJLoG (Daloa - CI)*

Numéro 1

2024

Espaces Africains

Revue des Sciences Sociales

**ISSN
2957-9279**

*Revue du Groupe de recherche PoSTer (UJLoG - Daloa - CI)
<https://espacesafricains.org/>*



Revue des Sciences Sociales

Numéro 1 | 2024

Varia – juin 2024

INFLUENCES CHIMIQUES DES EAUX ESTUARIENNES DU FLEUVE CASAMANCE SUR L'AGROSYSTÈME DE LA COMMUNE DE KARANTABA (RÉGION DE SEDHIOU, SUD DU SÉNÉGAL)

INFLUENCES OF THE CASAMANCE RIVER ESTUARINE WATERS ON THE AGROSYSTEM OF THE COMMUNE OF KARANTABA (SEDHIOU REGION, SOUTHERN SENEGAL)

Mar **GAYE** – Seydou Alassane **SOW** – Bouba **THIAM**

RÉSUMÉ

Le caractère inverse et la faiblesse topographique de l'estuaire du fleuve Casamance font que son cours est remonté par les eaux marines jusqu'à 250 km de l'embouchure. Cette situation combinée avec les conditions pluviométriques déficitaires des années 1970, les forts taux d'évaporation, les pressions anthropiques accélèrent les processus d'acidification, de la salinisation avec comme conséquence la dégradation progressive des unités paysagères. Cette contribution cherche à suivre les processus d'acidification, de la salinisation des eaux et formations pédologiques et leur influence sur l'agrosystème dans la Commune de Karantaba. Ce phénomène se traduit par l'extension des tannes sur les périmètres de culture. La méthodologie repose essentiellement sur l'analyse diachronique comparée de deux phénomènes : les

caractéristiques acido-basiques et salines à partir de prélèvements saisonniers d'échantillons d'eau et de sol face à la dynamique de l'occupation du sol par télédétection. Les résultats montrent une baisse de l'importance de la salinité de la surface en profondeur et des berges vers l'hinterland. Elle varie globalement entre 14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ sur les zones de cultures et 3999 $\mu\text{S}/\text{cm}$ au niveau des berges. Le suivi diachronique montre par conséquent qu'entre 1984 et 2020, les processus d'acidification et de salinisation ont entraîné une extension surfacique des tannes nues à efflorescence saline sur les rizières, les mangroves et la végétation continentale.

Mots-clés : Influence chimique, eau estuarienne, agrosystème, Moyenne Casamance.

ABSTRACT

The inverse nature and weak topography of the Casamance estuary mean that its course is upwelled by marine waters up to 250 km from

the river mouth. This situation, combined with the rainfall deficits of the 1970s, high evaporation rates and anthropogenic pressures, has accelerated the

processes of acidification and salinization, resulting in the gradual degradation of landscape units. This contribution seeks to monitor the processes of acidification and salinization of water and soil formations and their influence on the agrosystem in the Commune of Karantaba. This phenomenon is reflected in the spread of tannins over cultivation perimeters. The methodology adopted in this work is based essentially on seasonal sampling of water and soil to determine their acid-base and salinity levels in the laboratory, and on remote sensing to study the dynamics of land use. The results show a decrease in salinity from surface to depth, and from shore to hinterland, from horizon to horizon and from season

INTRODUCTION

La diminution des précipitations observée ces dernières décennies en zone sahélienne a affecté la zone soudano-guinéenne du Sénégal notamment la Moyenne Casamance. Le contexte climatique sec fait que l'environnement biophysique du milieu demeure tributaire des variations pluviométriques d'une part et des pressions anthropiques d'autre part. En effet, la récurrence des sécheresses couplées à la forte explosion anthropique contribuent largement à l'intensification de la salinisation des sols. Cette dernière se traduit par une dégradation progressive de l'environnement agro-sylvo-pastoral dans la Commune de Karantaba. La salinisation est un phénomène de dégradation des caractéristiques physico-chimiques de l'eau ou des sols dans un écosystème donné (Sambou 2007 : 88). Mais aussi, il importe de noter que la faiblesse de la pente du fleuve Casamance constitue la principale cause de la salinisation, la sur-salure demeure de surcroît tributaire de l'évaporation, de la pluviométrie (Sabaly 1992 : 93). En ce qui concerne la démographie, la population de Karantaba a connu une forte croissance traduite par une progression plus rapide durant la période allant 1975 à 2015 avec une population passant de 2093 à 197, 17869 en 2000 à 27660 en 2015, (Kummu 2018 :1). Dans ce contexte, l'agrosystème est caractérisé par la persistance d'une agriculture extensive qui se traduit par l'emblavement de nouveaux espaces agricoles au détriment des formations forestières et

to season. Overall, salinity varies from 14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in cultivated areas to 3999 $\mu\text{S}/\text{cm}$ at bank level. Diachronic monitoring therefore shows that, between 1984 and 2020, acidification and salinization processes have led to an increase in the surface area of bare tannins with saline efflorescence on rice paddies and also to the detriment of mangroves and continental vegetation.

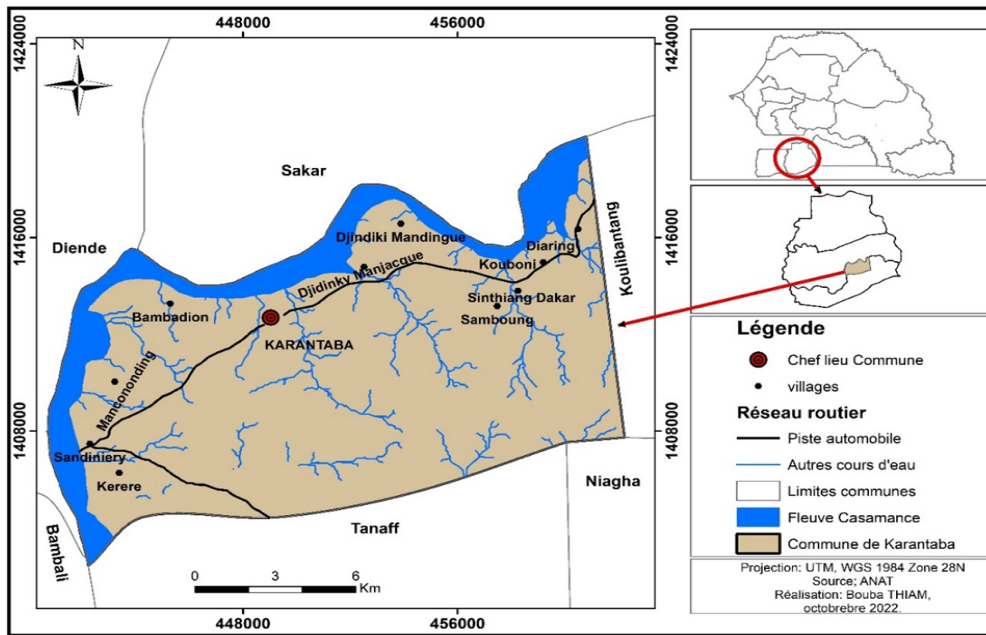
Keywords : Influence, chemical, water, estuary, agrosystem, Middle Casamanc

de la mangrove. Le problème, c'est de connaître réellement le degré d'influence des agrosystèmes par la variation chimique des eaux estuariennes du fleuve Casamance. Ce faisant, l'objectif de cet article est de montrer le niveau d'influence chimique estuarienne sur l'agrosystème dans la Commune de Karantaba. Les résultats soumis à discussion présentent premièrement, la variation saisonnière de la conductivité électrique et du pH de l'environnement estuarien, ensuite la dynamique de l'occupation du sol reflet de l'agrosystème et enfin la corrélation variation chimique et dynamique agricole.

1. LOCALISATION DU MILIEU D'ÉTUDE

La commune de Karantaba comme l'ensemble de la région de Sédhiou, repose essentiellement sur l'agriculture. En effet, 4/5 de la population de la région de Sédhiou s'y active (ANSD 2019 : 25). Les activités agricoles sont actuellement perturbées par l'extension des tannes nues sur les espaces rizicoles dans la commune de Karantaba, occasionnant ainsi des séries d'abandons de rizières et de puits. Appartenant à la Région de Sédhiou et au Département de Goudomp, Karantaba se localise entre 12°42' et 12°48' de latitude Nord et 15°32' et 15°21' de longitude Ouest (fig. 1). La commune longe le fleuve Casamance du Nord à l'Ouest et est sillonnée par plusieurs affluents et balongs dudit fleuve.

Fig. 1 : Localisation de la Commune de Karantaba



2. PRÉSENTATION DU MILIEU PHYSIQUE

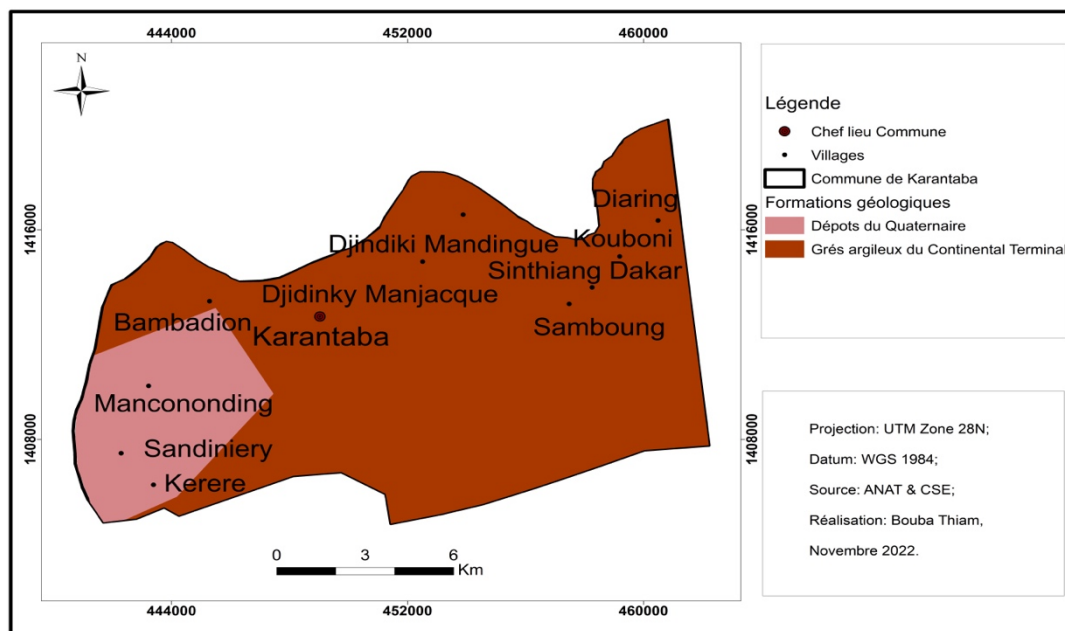
La caractérisation du milieu physique de la commune de Karantaba concerne, dans le cadre de cet article, la géologie, le climat et le relief.

2.1. La géologie

Premièrement, la géologie de la commune de Karantaba, qui est essentiellement d'origine

marine, est composée des sols argilo-gréseuses et argilo-sableuses du continental terminal et du quaternaire (Malou 1992 : 132). Dans la carte ci-dessous est présentée la géologie de la commune de Karantaba.

Fig. 2 : La géologie



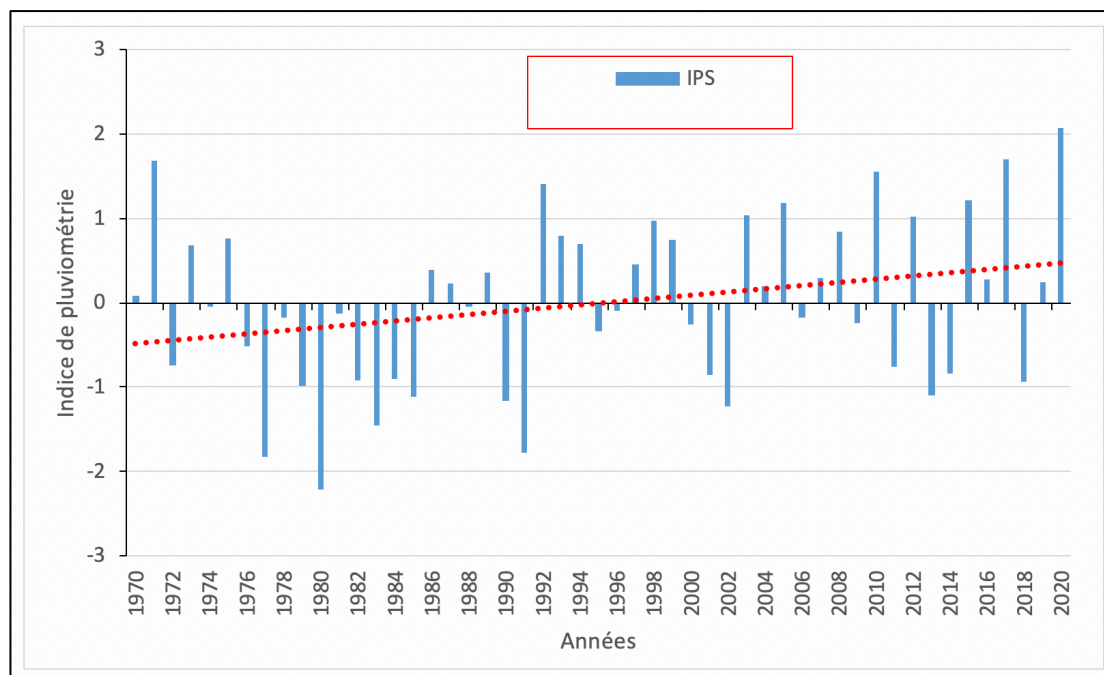
La carte géologique de la commune de Karantaba montre que le Continental Terminal, constitué essentiellement de grès argileux, affleure quasiment sur toute la commune allant du nord-ouest au sud-ouest. Toutefois, dans la partie ouest de la commune, les formations du Continental Terminal sont couvertes par les dépôts argilo-sableux du quaternaire. Par ailleurs, l'influence marine sur les formations géologiques constitue un élément fondamental qui contribue à la caractérisation des sols dans la commune de Karantaba. En effet, on distingue trois types de sols dominants que sont les sols ferrugineux, les sols peu-évolués et enfin les sols hydromorphes. La forte capacité de rétention des eaux constitue l'une des principales caractéristiques des sols

hydromorphes. Ils se particularisent, d'une part, par le fait d'être atteints à de multiples endroits par la salinité et par le fait d'être inondés par les eaux salées du fleuve Casamance à travers les phénomènes de crue (Aguir 2008 : 185).

2.2. Le climat

En ce qui concerne l'aspect climatique, l'étude se résume essentiellement sur l'analyse de la fréquence des années sèches à travers l'Indice de Pluviométrie Standardisée (IPS). Le tableau ci-dessous présente les valeurs de l'IPS, sur la base des données climatiques de station synoptique de Kolda, de 1970 à 2020.

Fig. 3 : La variation de l'IPS de 1970 à 2020



Source : Évolution de la pluviométrie de 1970 à 2020 à la station synoptique de Kolda

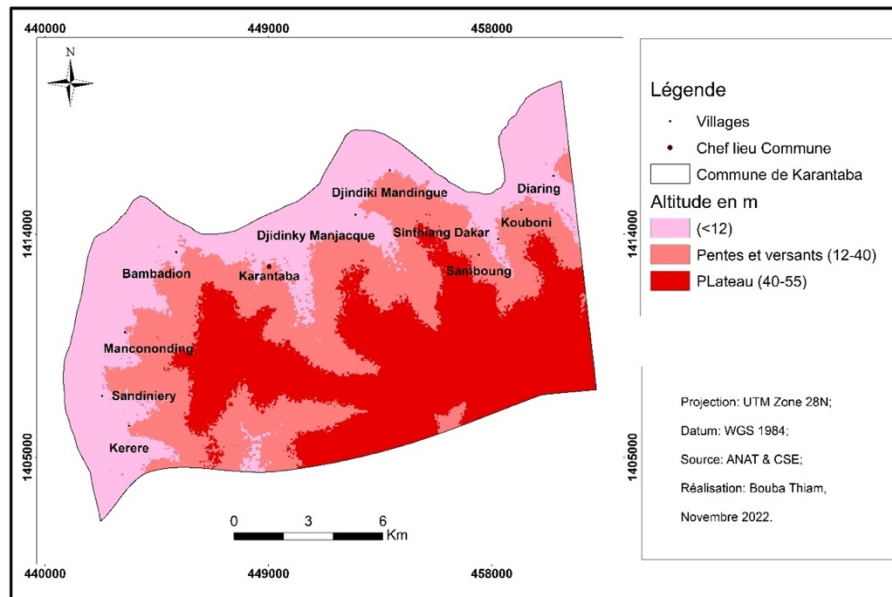
L'analyse de la (fig.3) permet d'observer deux tendances. Elle a permis d'identifier la variabilité interannuelle de la pluviométrie sur toute la série allant de 1970 à 2020. Cette dernière est constituée essentiellement d'années sèches à raison de 26 sur les 51 années de la série. Cette fréquence de la sécheresse contribue à l'accélération du phénomène de la salinisation des sols à travers une insuffisance du drainage des eaux pluviales pour lessiver le sel mais aussi de l'évaporation liée à la

rudesse des températures engendrant une précipitation des sels.

2.3. Le relief

A l'influence marine et celle du climat s'ajoute l'effet du relief qui contribue considérablement à la salinisation des sols en Casamance, en générale, et dans la commune de Karantaba, en particulier.

Fig. 4 : les caractéristiques géomorphologiques de la Commune de Karantaba



La fig.4 révèle la présence de trois unités principales qui caractérisent la composition du relief dans la Commune de Karantaba. Ainsi, retrouve-t-on les bas-fonds sur les parties ouest et nord de la commune, notamment qui longent le fleuve Casamance. Les bas-fonds se caractérisent par la faiblesse de leur relief. Ils correspondent ainsi aux zones basses avec une altitude globalement inférieure à 12m. En outre, les versants quant à eux correspondent à la zone de transition entre les bas-fonds et le plateau du continental terminal avec une altitude comprise entre 12 et 40m. Et enfin, le plateau du Continental Terminale correspond à la zone où l'altitude est la plus marquée par rapport aux autres unités. Son altitude est estimée entre 40 et 55m. Il se localise au sud de la commune. A la faiblesse des altitudes s'ajoute celle des pentes qui, à travers la remontée des eaux marines vers l'intérieur du continent, constitue un facteur essentiel de la salinisation en Casamance (Cornier et Malou 1992 : 132). Par conséquent, le relief détermine la répartition de la salinité dans l'espace à travers le contrôle du drainage naturel (Hartoni 2007 : 16). Ainsi, l'influence marine couplée à la fréquence des années sèches caractérisées par l'insuffisance de la lessive du sel ainsi qu'à la faiblesse du relief favorise l'ampleur de la salinisation dans la commune de Karantaba à travers la remontée des eaux salées vers les terres agricoles.

3. Méthodes

Elle se résume essentiellement sur les prélèvements d'eau et de sédiments, les analyses au laboratoire (les mesures du pH et de la CE), la cartographie et les traitements diachroniques.

3.1. Prélèvements d'échantillons d'eau et de sols

Le protocole consiste à prélever des échantillons d'eau et de sol en fin de saison sèche (18 mai 2022) et en pleine hivernage (23 août 2022). L'objectif visé cherche à déterminer le comportement saisonnier des paramètres chimiques étudiés (CE et pH).

- Le protocole de collecte des échantillons de sols

A l'aide d'étiquettes autocollantes pour identifier les échantillons, de sachets plastiques et d'un GPS de marque Garmin pour repérer les points de collecte, 24 échantillons sont récoltés durant chaque campagne suivant 4 transects allant des berges du fleuve et des cours d'eau secondaires vers les plateaux. Cette opération permet de déterminer la variabilité entre les niveaux d'acidification et de salinité des environs immédiats des cours d'eau vers l'hinterland. Elle permet également d'apprécier les oscillations entre les niveaux acido-basiques et les taux de salinité en surface (0-20 cm) et en profondeur (20-40cm). Ces échantillons de sols ont été prélevés sur quatre villages suivant un gradient amont-aval Diareng (en

amont) à Sandyniérie (en aval) en passant par Samboung et Karantaba. De ce fait durant les deux campagnes de collecte d'échantillons de sol, un total de 48 échantillons a été récolté sur ces quatre villages ainsi cités.

- Le protocole de collecte des échantillons d'eau

Le procédé consiste à prélever des échantillons d'eaux sur le cours principale et sur les cours d'ordre inférieur et les puits afin de déterminer l'influence chimique des eaux de surface sur les eaux souterraines. De ce fait, à l'aide de bouteille identifiée par des étiquettes autocollantes codées, 5 échantillons d'eau ont été collectés à Sandyniérie, Karantaba et Samboung.

Ces échantillons d'eau et de sol ainsi collectés ont été amenés au laboratoire pour déterminer leur CE et leur pH.

3.2. Mesures de la CE et du pH des eaux au laboratoire

Pour ce qui est du dosage de la CE, il s'agit de plonger le conductimètre dans l'échantillon d'eau et de relever directement les mesures.

Le même protocole s'applique aussi pour la mesure du pH. Le procédé utilisé dans le cadre de cette étude a consisté dans un premier temps au rinçage de l'électrode avec de l'eau distillée. Ensuite, il s'est agi de plonger la sonde dans la solution à analyser et d'agiter pendant 30 secondes ou bien jusqu'à ce que le pH indique une valeur stable. Et enfin, il s'est agi de relever la valeur indiquée par le pH-mètre.

3.3. Étalonnage du pH des échantillons de sol au laboratoire

La mesure du pH est réalisée à partir de suspension de sol avec un rapport sol-eau de 2/5. Le protocole consiste à mettre 20 g de terre non broyée et 50 ml d'eau distillée et une solution de pH neutre pour stabiliser la mesure. Puis, on agite à l'aide d'un agitateur électrique pendant 1 minute. Après agitation, on laisse le mélange se refroidir. Pour étalonner le pH-mètre, on plonge l'électrode dans le liquide surnageant et on effectue la mesure, (GAYE 2023 : 32). Les normes suivantes (Tabl.1) permettent l'interprétation des valeurs de pH de sols obtenues, (Bocoum 2004 : 55).

Tabl. 1 : Appréciation de l'acidité du sol selon le pH (Bocoum, 2004)

Degré	Extrêmement acide	Très acide	Acide	Modérément acide	Légèrement acide	Neutre	Légèrement alcalin	Alcalin	Très alcalin
pH	<4,5	4,6-5,2	5,3-5,5	5,6-6,0	6,1-6,6	6,7-7,2	7,3-7,9	8,0-8,5	>8,6

Source : Bocoum M (2004)

3.4. Mesure de la conductivité électrique (CE) des échantillons de sol

La conductivité électrique (CE) est un indice des teneurs en sels solubles dans la solution du sol, elle exprime la concentration des solutés ionisables. La détermination de la salinité se fait sur l'extrait sol/eau (rapport = 1/10). On met 30 g de terre sur 150 ml d'eau distillée. Puis on agite pendant 20mns à l'agitateur électrique. Après

agitation, on laisse la solution reposer, on verse le liquide du mélange dans un bécher. Enfin pour l'étalonnage du conductimètre, on plonge l'électrode dans le liquide surnageant et on effectue la mesure, (GAYE 2023 : 32). Par ailleurs l'analyse de la CE, ayant permis d'évaluer respectivement la salinité des échantillons de sédiments, s'est effectuée sur la base du tableau d'appréciation (Tabl.2) de la salinité selon la conductivité électrique (Bocoum 2004 : 55).

Tabl. 2 : Appréciation de la salinité selon la conductivité électrique (Bocoum, 2004)

CE en $\mu\text{s}/\text{cm}^{-1}$	< 250	250-500	500-1000	1000-2000	>2000
Degré de salinité	Non salin	Légèrement salin	Salin	Très salin	Extrêmement salin

Source: (Bocoum M, 2004)

3.5. Traitement cartographique par Krigeage

La méthode d'analyse géostatistique par *Krigeage* permet de représenter les concentrations salines dans la commune de Karantaba. De ce fait, le *Krigeage* à partir des concentrations obtenues sur les points d'échantillonnage, donne une vision globale de la minéralisation à la fois des sols et des eaux. De manière synchronique, il permet aussi d'apprécier la qualité de l'eau et des sols et de ressortir les zones de forte concentration salines et d'acidification. Cette approche géostatistique vise tout simplement à ressortir les variations spatiales et les distributions liées à la salinisation à partir des valeurs de la conductivité électrique (CE). La carte d'interpolation des données issues des mesures au laboratoire de la CE et du pH des eaux d'irrigation et sols est réalisée avec *Arc Gis 10.2* sur l'onglet *Spatial Analyst*. De ce fait, la base de données utilisée pour la représentation cartographique de la salinité provient des villages observés, des mesures effectuées et des points relevés avec des coordonnées géographiques (x et y). Ces dernières ont servi pour le géoréférencement des différents sites d'observation.

3.6. Le traitement diachronique des images satellitaires LANDSAT

Les données cartographiques sont obtenues à partir du téléchargement des images satellites LANDSAT de 1984, 1998 et 2020. Ces images ont fait l'objet de traitement dans ERDAS Imagine 2015 et ArcGIS (version 10.5), suivant quatre étapes : le mosaïquage, le géoréférencement, la numérisation des classes d'occupation des sols et la réalisation des cartes multi-dates d'occupation des sols de 1984, 1998 et 2020. En effet, la classification a été essentiellement réalisée dans ERDAS Imagine 2015 alors que le calcul des superficies des différentes unités d'occupation du sol ainsi que la mise en page des cartes sont effectués dans Arcgis. Dans le but de mieux comprendre la dynamique des unités de paysage de la Commune de Karantaba, il a été, d'abord, réalisé des cartes d'occupation des sols pour chacune des années retenues (1984, 1998 et 2020). Ensuite, les superficies des différentes classes d'occupation des sols ont été calculées. Enfin, il a été calculé les taux d'évolution entre 1984 et 2020 pour chaque classe d'occupation des sols selon la formule suivante : $Tx = (Aa - Ad) / Ad * 100^1$. Les images sont caractérisées par leur date d'acquisition, leur résolution ainsi que la date d'acquisition. Le tableau 3 qui suit présente la grille d'identification de la résolution des images satellitaires utilisées dans le cadre de cet article.

Tabl. 3 : grille d'identification de la résolution des images satellitaires

Satellite	Série	Capteur	Date d'acquisition	Résolution spatiale
LANSAT	5	ETM+	11/03/1984	30m
LANDSAT	5	ETM+	15/04/1998	
LANDSAT	S	OLI_TIRS	10/04/2020	

Source : traitement de données LANDSAT

La grille de résolution des images satellitaires s'ajoute celle d'identification et d'appréciation des principales unités d'occupation du sol.

Tabl. 4 : grille d'identification et d'interprétation des principaux types d'unités

Image	Couleurs/bandes spectrales			Types d'unités		
	Rouge	Vert	Bleu	Végétation	Eau	Tannes
Bandes	1	2	3	Vert	Bleu	Blanc

Source : traitement de données LANDSAT

¹ Tx : taux d'évolution ; Aa : année d'arrivée ; Ad : année de départ).

A cela, s'adjoint la numérisation des différentes unités d'occupation du sol identifiées à savoir la végétation (forêts et mangrove) ; l'eau (cours d'eau

permanents et temporaires) ; les tannes ; les champs de culture et le bâti, (tabl.4).

4. RÉSULTATS ET ANALYSE

Cette partie aborde les résultats issus des analyses de laboratoire et de la télédétection

4.1. Les modifications spatio-temporelles des unités d'occupations du sol entre 1984 et 2020

La dynamique de la salinisation des sols ne peut être évaluée qu'à travers l'évolution des unités d'occupation du sol. Cette dernière nous permet

d'analyser la dynamique sur une période allant de 1998 à 2020. En fonction de la disponibilité des données, trois années sont principalement étudiées à savoir 1984 ; 1998 et 2020. Le traitement de ces images laisse entrevoir des variations de l'occupation du sol liées aux changements notés dans le paysage (Tabl. 5)

Tabl. 5 : Évolution des unités d'occupation du sol en ha de 1984 à 2020

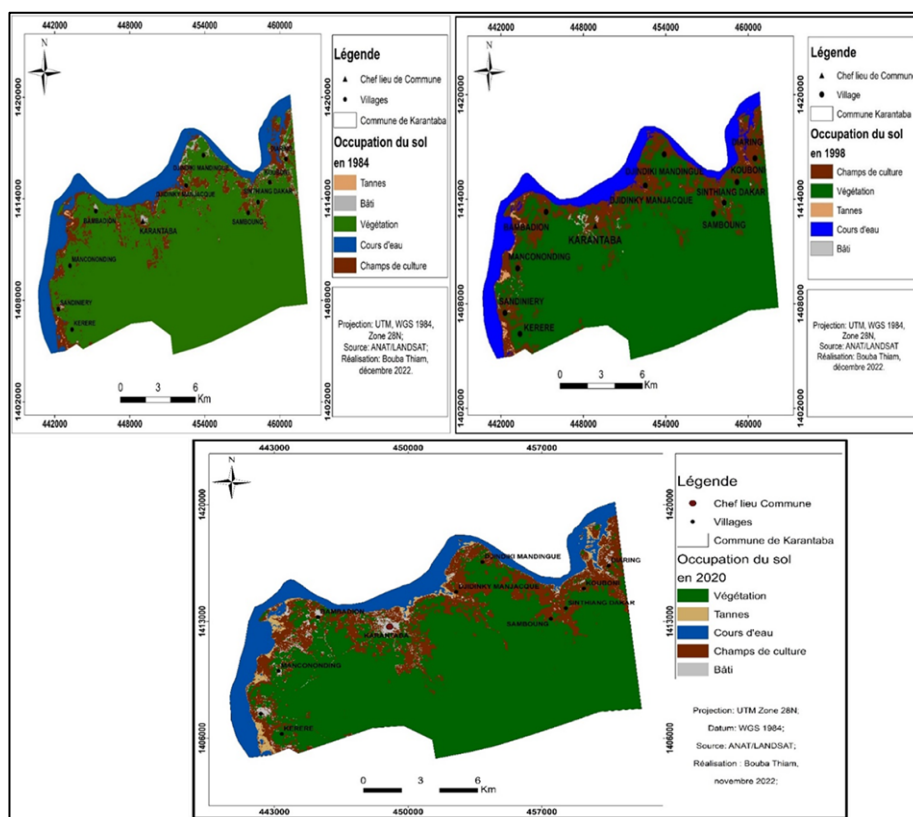
	1984	1998	2020	Variation (ha)	Taux de variation (%)
Végétation	15700,4	14787,5	14678,5	-1021,9	-6,5
Cours d'eau	2718,7	2543,8	2723,5	+4,8	+0,2
Champs de culture	1982,6	3243,3	3755,4	+1772,8	89,4
Bâti	130,8	139,7	768,2	+637,4	487,1
Tannes	130,5	157,2	382,1	+251,6	192,8
Total	20463,1	20731,5	22277,7	+1814,6	+8,9

Source : traitement de données LANDSAT

Ce tableau, présentant l'évolution des unités d'occupation du sol entre 1984 et 2020, laisse entrevoir trois dynamiques à savoir croissante, stable et régressive. En ce concerne la dynamique croissante, elle va de forte à modérée selon les unités d'occupation du sol. En effet, la surface du bâti connaît une dynamique extrêmement croissante favorisée par un accroissement considérable de la population de la commune de Karantaba. Avec un taux d'accroissement moyen supérieur à 3,3 % de 2013 à 2020 (ANSD, 2019), l'augmentation des besoins en surface pour des fins d'habitation constitue le principal facteur favorisant la croissance extrême de la surface du bâti. Alors que la superficie des tannes a triplé en moins de quarante ans, celle des champs de culture quant à

elle a connu une croissance modérée comparée aux deux autres unités d'occupation du sol précitées. En ce qui concerne la surface de l'eau, elle demeure stagnante tandis que celle de la végétation a connu une légère régression. Concernant l'influence des évolutions chimiques sur les agrosystèmes, les résultats de l'analyse diachronique révèlent que les tannes et champs de culture progressent ensemble bien que les premiers sont doublement plus rapides que les dernières. Ainsi, pour compenser la perte de superficies agricoles causées par la progression des tannes impropres à l'agriculture, les agrosystèmes s'adaptent par l'augmentation des surfaces au détriment de la forêt. Ces évolutions sont traduites spatialement par les cartes suivantes (Fig.5).

Fig. 5: Évolution spatio-temporelle des unités paysagères de la commune de Karantaba



D’après ces cartes, on note une croissance progressive des surfaces des tannes, des bâtis et des champs de culture au détriment de la végétation alors que celles des eaux restent stagnantes. L’une des conséquences les plus remarquables de la salinisation se trouve être l’extension progressive des tannes, impropres à l’agriculture sur les rizières de mangroves. Cela entraîne une perte progressive de parcelles de culture. Sur ce, on note, dans la commune de Karantaba, de vastes étendues de terres occupées

par les tannes nus dont la valeur agricole est complètement perdue. Ces pertes de terres arables sont issues de la dégradation progressive des conditions environnementales entraînant ainsi des modifications physico-chimiques des terres agricoles. Dans ce contexte, il a été réalisé une matrice de confusion à l’issue de chaque classification pour vérifier les erreurs de classification. Dans le tableau qui suit est représentée la matrice d’erreurs issue de la classification de l’image 1984 (tabl.6).

Tabl. 6 : Matrice d’erreurs en 1984

Data	Végétation	Tannes	Bâti	Champs de culture	Sols nus	Réseau hydrographique	Row total
Végétation	445	0	0	15	0	0	460
Tannes	0	207	0	0	0	363	570
Bâti	0	0	18	0	0	0	18
Champs de	23	0	0	133	0	0	156
Sols nus	0	0	0	0	80	0	80
Réseau hydrographique	0	0	0	0	0	219	219
Column total	468	207	18	148	80	582	1503

Source : traitement de données LANDSAT

Le tableau ci-dessus laisse entrevoir une classification quasiment recevable dans la mesure où il n'y a pas eu une confusion entre les unités de classes d'occupation du sol qui ont été retenues par rapport aux pixels correspondants. En somme, la progression des tannes dans la commune de Karantaba est en partie liée à l'influence des eaux estuariennes sur les eaux souterraines et les formations pédologiques.

4.2. Les eaux estuariennes de plus en plus concentrées chimiquement

La caractérisation de la salinisation des sols dans la commune de Karantaba s'est opérée à travers une conductivité électrique comprise entre 14 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à 3999 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et un pH qui oscille entre 4,11 et 6,25. Mais, les échantillons d'eau prélevés au niveau du fleuve Casamance présentent une conductivité électrique estimée à 3999 $\mu\text{S}/\text{cm}$ traduisant une salinité extrêmement élevée. Par contre, la conductivité électrique des eaux échantillonnées dans les puits des villages s'établit entre 749 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et 1210 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Cette situation décrit que les eaux souterraines sont progressivement contaminées par la progression du biseau salé. En ce qui concerne le niveau d'acidité des eaux, le pH des échantillons d'eau évalué entre 6,57 et 7,53 et caractérisant ainsi des eaux légèrement acides à légèrement alcalines décrit également les eaux souterraines et de surface développent les mêmes caractéristiques acido-basiques. Ainsi, les valeurs mesurées de la conductivité électrique (CE) et du pH varient dans l'espace et dans le temps à cause de l'accumulation progressive des sels solubles.

4.3. Une salinité et une CE décroissantes des berges vers les plateaux et de la saison sèche vers l'hivernage

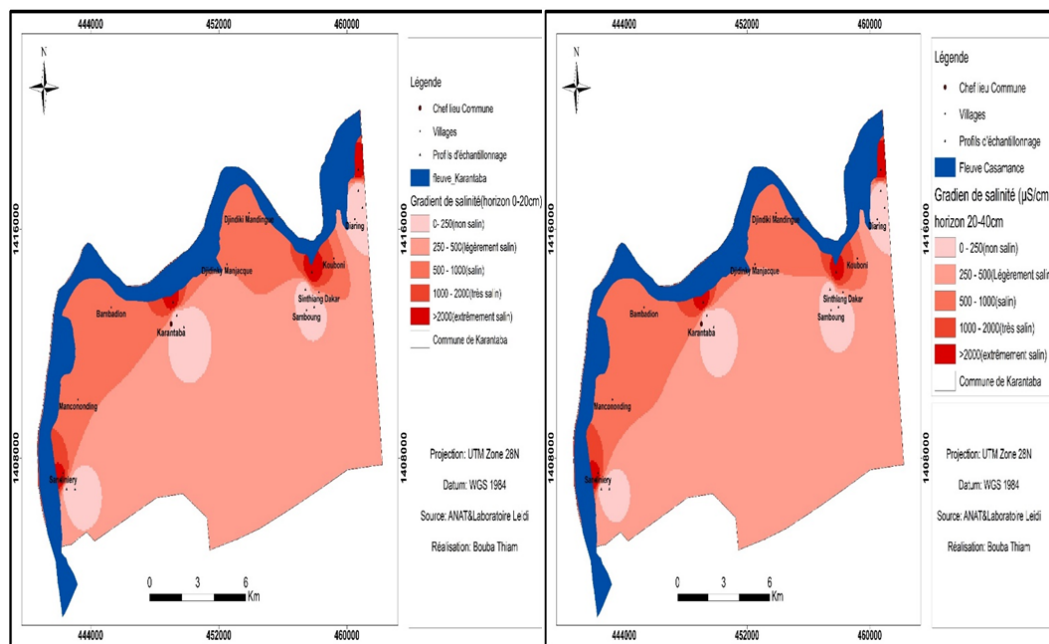
La campagne de mesure de la salinité en fin de saison sèche (mai 2022), a permis d'identifier les différentes classes de salinité selon l'échelle d'appréciation de la salinité en fonction de la conductivité électrique. La répartition du nombre d'échantillons par classe se fait ainsi qu'il suit :

- CE < 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$: 12 échantillons dont les sols ne sont pas salés ;
- 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < CE < 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$: 3 échantillons dont les sols sont légèrement salés ;
- 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < CE < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: 1 échantillon dont le sol est salé ;
- 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < CE < 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: aucun échantillon correspondant à un sol très salé ;
- CE > 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: 8 échantillons dont les sols sont extrêmement salés.

Par ailleurs, on constate une classification des échantillons de sols sous quatre groupes concernant notre étude. En effet, sont identifiées, suivant un gradient croissant de la conductivité électrique, les classes de sols allant des sols non salés aux sols extrêmement salés en passant par les sols légèrement salés et salés. Ces résultats révèlent ainsi que 50 % des échantillons de sols sont salés. Autrement dit, les échantillons analysés allant des sols légèrement salés aux sols extrêmement salés correspondent à cette dernière classe. En ce qui concerne la seconde campagne de collecte de données (août 2022), les résultats de l'analyse de la conductivité électrique laissent entrevoir une répartition des nombres d'échantillons fonction des classes de salinité.

- CE < 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$: 13 échantillons dont les sols ne sont pas salés ;
- 250 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < CE < 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$: 3 échantillons dont les sols sont légèrement salés ;
- 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ < CE < 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: 1 échantillon dont le sol est salé ;
- 1000 < CE < 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: 1 échantillon correspondant à un sol très salé ;
- CE > 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$: 6 échantillons dont les sols sont extrêmement salés.

A travers ces résultats on note que plus de 45 % des échantillons sont salés. Parmi ces échantillons, les sols extrêmement salés représentent 50 %. Ces résultats laissent entrevoir des niveaux de salinité qui varient d'un milieu à un autre. Dans la figure 6, sont présentées les variations spatiales de la CE concernant notre première campagne d'échantillonnage

Fig. 6: La conductivité électrique de la campagne de mai 2022 en ($\mu\text{S}/\text{cm}$)

Ainsi note-t-on des valeurs très élevées de la conductivité électrique allant jusqu'à $3999 \mu\text{S}/\text{cm}$ au niveau des berges du fleuve Casamance, notamment à Diaring, Karantaba et Sandyniérie. Alors qu'on enregistre de fortes baisses, des valeurs de la CE vers les plateaux, pouvant atteindre $14 \mu\text{S}/\text{cm}$ à Samboung. Mais aussi, les valeurs de CE mesurées sont globalement plus élevées pour l'horizon 0-20 cm que pour l'horizon 20-40 cm. En effet, pour les échantillons prélevés au niveau des berges à Diareng, Samboung et Sandyniérie, les valeurs de la CE demeurent constantes pour les deux horizons. Toutefois, à Karantaba, on note que la valeur du CE concernant l'horizon 0-20 cm est identique à celles mesurées dans les autres villages pour la berge alors que l'horizon 20-40 cm connaît une baisse allant jusqu'à $3470 \mu\text{S}/\text{cm}$. La carte ci-dessous représente l'interpolation de la conductivité électrique de la première campagne de collecte de données et concerne l'horizon 0-20 cm. Force est de constater que la conductivité électrique suit un gradient croissant allant du plateau continental vers les bas-fonds les berges. Autrement dit, la salinisation est plus remarquable sur les berges du fleuve Casamance avec une valeur de la salinité qui diminue au fur et à mesure qu'on remonte vers le plateau en passant par les versants. En effet, on note de fortes valeurs de la conductivité électrique pour les échantillons prélevés au niveau des berges. Ces valeurs de la CE oscillent entre 2000 et $3999 \mu\text{S}/\text{cm}$ alors que celles des échantillons prélevés sur les versants et sur le plateau sont

comprises respectivement entre 1000 et 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et de 0 à $100 \mu\text{S}/\text{cm}$. Le krigeage bien qu'elle puisse nous aider à représenter ces résultats d'une façon à pouvoir en faire l'interprétation, elle n'est pas sans limite. Cette dernière est renforcée par le fait que toute cette partie située au sud des villages et des sites échantillonnés est essentiellement couverte par la forêt. Alors faut-il notée que l'absence d'une démultiplication des échantillons, qui ne font que 12 profils, nous conduit à observer un peu de recul concernant l'interprétation des sites extrapolés n'ayant pas fait l'objet d'échantillonnage.

4.4. Un pH variable d'un site à l'autre

La campagne de mesure de la salinité, de mai 2022, a permis d'établir une classification des échantillons de sols analysés selon l'échelle d'appréciation de l'acidité et notamment la minéralisation du sol en fonction du pH. Ainsi, quatre classes ont été identifiées :

- $6,5 < \text{pH} > 7,5$: 1 échantillon correspondant à la classe des sols neutres ;
- $5,5 < \text{pH} > 6,5$: 8 échantillons dont les sols sont moyennement acides ;
- $4,5 < \text{pH} > 5,5$: 9 échantillons correspondant à la classe des sols très acides ;
- $\text{pH} < 4,5$: 6 échantillons caractérisant ainsi la classe des sols extrêmement acides.

Ces résultats laissent ainsi entrevoir une forte acidification des sols avec 95,8% des échantillons de

sédiments analysés concernant les sédiments de la première campagne. Mais aussi, parmi ces échantillons correspondant aux sols acides plus de 65% sont très à extrêmement acides avec respectivement plus de 39% et plus de 26%.

En ce qui concerne les résultats des échantillons de sols prélevés lors de la seconde campagne de collecte (Août 2022), (tabl.7), l'acidité des échantillons est ainsi répartie en quatre classes :

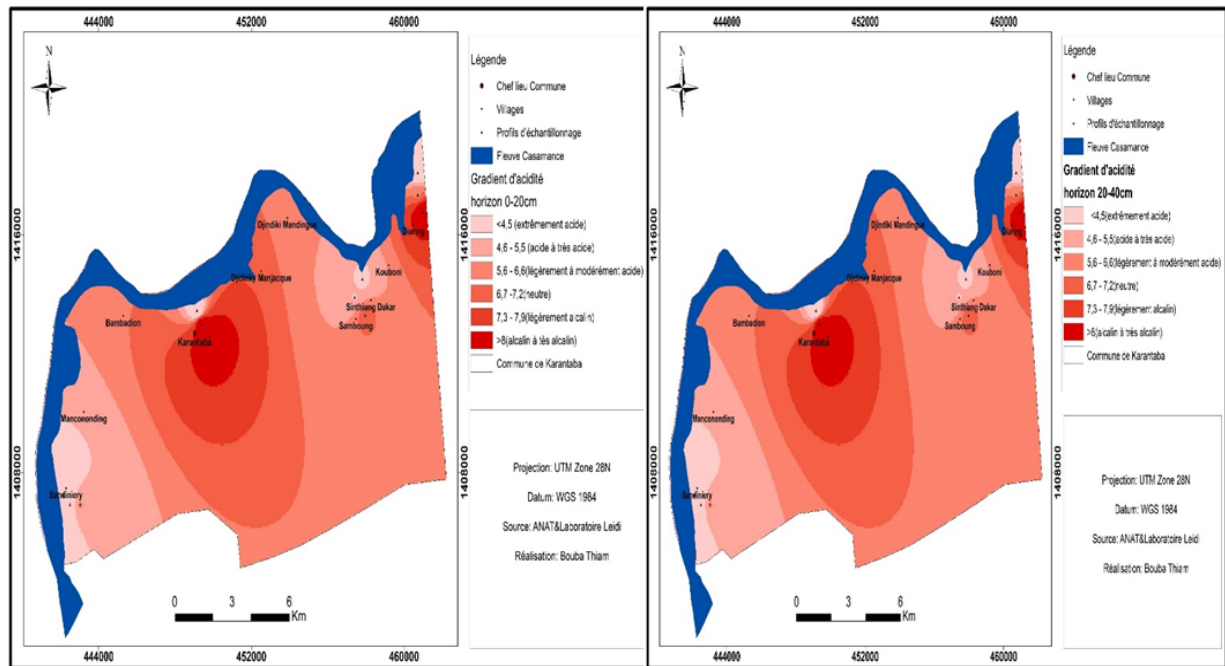
- 6,5 < pH > 7,5 : 1 échantillon correspondant à la classe des sols neutres ;
- 5,5 < pH > 6,5 : 8 échantillons dont les sols sont moyennement acides ;
- 4,5 < pH > 5,5 : 10 échantillons correspondant à la classe des sols très acides ;
- pH < 4,5 : 5 échantillons caractérisant ainsi la classe des sols extrêmement acides.

Les résultats de l'analyse des sédiments de la seconde campagne de collecte de données (août, 2022) sont présentés dans la figure 7. Ils laissent ainsi entrevoir des niveaux d'acidité qui varient d'un

milieu à un autre. Ainsi note-t-on des valeurs très faibles du pH allant jusqu'à 3,89 au niveau des berges du fleuve Casamance. Alors qu'on enregistre de faibles augmentations, des valeurs du pH vers les plateaux, pouvant atteindre 6,25 à Diareng et à Samboung sur l'horizon superficiel de la zone de culture 2. Mais aussi, les valeurs du pH mesurées sont globalement plus élevées pour l'horizon 0-20 cm que pour l'horizon 20-40 cm.

Cette diminution traduit ainsi une hausse de la salinité (Marius 1986 : 293-295) qui demeure plus importante à Sandyniérie par rapport aux autres villages où le pH est légèrement plus élevé que celui mesuré ailleurs dans la commune. Cependant, les résultats issus des analyses au laboratoire concernant la conductivité et le pH permettent d'apprécier les modifications susceptibles d'être observées au niveau du sol à cause de la salinisation.

Fig. 7: Le pH de la campagne de mai 2022



Ainsi, l'ampleur de la salinisation voire l'acidification du sol se constate à travers une baisse générale de la valeur du pH mesuré. En dehors de l'analyse des

échantillons de sédiments, des mesures du pH et de CE de l'eau ont aussi été effectuées afin d'apprécier leur niveau de minéralisation.

Tabl. 7 : Résultats des analyses de laboratoire de la deuxième campagne (août 2022)

Horizon 0-20 cm			Horizon 20-40 cm		
Échantillons	pH	CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Echantillon	pH	CE en $\mu\text{S}/\text{cm}$
Diareng zc1	5,38	98	Diareng zc1	6,79	24
Diareng zc2	6,37	183	Diareng zc2	4,42	186
Diareng berge	4,79	3999	Diareng berge	4,51	3999
Samboung zc1	5,21	86	Samboung zc1	5,84	96
Samboung zc2	5,19	322	Samboung zc2	5,07	303
Samboung berge	5,56	1423	Samboung berge	4,62	778
Sandiniéry zc1	4,82	153	Sandiniéry zc1	5,43	78
Sandiniéry zc2	4,75	60	Sandiniéry zc2	4,31	312
Sandiniéry berge	5,74	3999	Sandiniéry berge	4,87	3999
Karantaba zc1	5,86	135	Karantaba zc1	6,32	164
Karantaba zc2	5,25	35	Karantaba zc2	5,95	71
Karantaba berge	6,31	3999	Karantaba berge	5,08	3999

Source : analyse au laboratoire Leïdi de UGB, (zc : zone de culture)

4.5. Un niveau de minéralisation plus importante à proximité des eaux estuariennes

La salinisation des eaux résulte principalement de la remontée progressive de l'eau marine vers l'amont. Elle est ainsi favorisée par la péjoration climatique à travers la baisse synchronique de la pluviométrie et la hausse des températures. En effet, la baisse des précipitations favorise, d'une part, la remontée du front de salinité. Cette remontée progressive du biseau salé vers l'intérieur engendre ainsi la minéralisation voire la salinisation des eaux de

nappes superficielles, de semi-surfaces et même parfois celles de profondeur. D'autre part, la baisse des précipitations, à travers la faiblesse du ruissellement qui en résulte, favorise une diminution du lessivage du sol. La faible circulation des eaux de ruissellement favorise l'accumulation des croûtes de sels sur le sol faute d'un lessivage efficace. Par conséquent, l'analyse des échantillons d'eau prélevés laisse entrevoir une forte contamination de l'eau des puits. Cette dernière s'est traduite par l'ampleur de la minéralisation des eaux voire de leur salinisation.

Tabl. 8 : Appréciation du niveau de minéralisation des eaux selon les normes françaises

Conductivité en $\mu\text{S}/\text{cm}$	Minéralisation
• inférieure à 100	• très faible
• entre 100 et 200	• faible
• entre 200 et 333	• moyenne accentuée
• entre 333 et 666	• moyenne
• entre 666 et 1000	• importante
• supérieure à 1000	• excessive

Source : (Rodier J, 2009)

En fonction de la conductivité électrique mesurée, une appréciation du niveau de minéralisation montre que les puits des villages ayant fait l'objet

d'échantillonnage sont essentiellement minéralisés. Dans le tableau ci-dessous sont établis les résultats de l'analyse de ces échantillons.

Tabl. 9 : Résultat de l'analyse des échantillons d'eau deuxième campagne (août 2022)

Echantillons	pH	Conductivité en $\mu\text{S/cm}$
Samboung puits	5,85	350
Sandiniéry puits	6,14	758
Sandiniéry fleuve	6,13	3999
Karantaba puits	6,45	1476
Karantaba fleuve	6,07	3999

Source : analyses au laboratoire Leïdi

En effet, l'analyse des échantillons d'eau prélevés dans les puits des villages à Samboung, Sandiniéry et Karantaba, montrent respectivement une minéralisation faible (Samboung), importante (Sandiniéry) à excessive (Karantaba). Ces résultats concernent les échantillons prélevés lors de la seconde campagne de collecte (saison des pluies). Alors qu'en ce qui concerne les échantillons prélevés sur le fleuve, ils montrent une minéralisation excessive avec une valeur de la conductivité électrique très élevée et constante pour tous les échantillons. Cette valeur de la conductivité enregistrée est estimée à 3999 $\mu\text{S/cm}$, (tabl.9).

5. DISCUSSION

La commune de Karantaba, appartenant au bassin de l'estuaire du fleuve Casamance, subit les effets de la dégradation des terres par l'avancée de la langue salée sur le milieu naturel et sur la production du riz comme le révèle (Ndione 2014 : 100). Par ailleurs, dans le cadre de l'étude de la salinisation, (Kloppman 2011 : 41) montrent l'importance de l'usage de la Conductivité électrique ainsi que le rôle que joue la mer dans la salinisation des bassins versants. Les résultats des mesures du niveau de salinité dans la Commune de Karantaba confirment les résultats (Mansaly 2019 : 68) sur les taux de la salinité des sols dont ses mesures à Djinabar montrent une salinité comprise entre 271 $\mu\text{S/cm}$ (salinité minimale) et 6100 $\mu\text{S/cm}$ (salinité maximale). Mais la comparaison de nos résultats avec ceux de Sagna A. et al. (2023 : 20) confirme le caractère inverse de l'estuaire de la Casamance. Leurs mesures de salinité à Djinabar situé en Basse Casamance dont la plus petite valeur de salinité s'estimée à (1,04 en mS/cm), tandis que la plus grande valeur de salinité évaluée à (8,99 en mS/cm) prouve que la salinité est plus élevée sur la section amont du fleuve. Les fortes valeurs d'acidité et de salinité des sols réconfortent l'assertion de

(Sané 2023 : 4) qui soutient que la fertilité est affectée par salinisation et une acidification des sols des bas-fonds aptes aux cultures de riz, d'arachide et de mil entre Kafountine, Baïla, Thionck-Essyl, Coubanao en Moyenne Casamance. Ce phénomène de dégradation de la qualité des eaux et sols affecte également l'agrosystème. C'est ainsi que les résultats sur l'analyse diachronique de la dynamique spatio-temporelle des tannes corroborent avec les conclusions de (Mansaly 2019 : 58) qui montre que les zones de tannes ont connu une hausse de surface de 179,7ha en 1967, pour atteindre 306,7 ha en 2017. Cette progression des tannes et des sols nus est accentuée par les séries d'abandon de rizières contaminées par les phénomènes d'acidification et de salinisation entraînant ainsi le défrichement de nouveaux bas-fonds et des forêts. (Sané 2023 : 4) constate aussi une aggravation du recul forestier entre 1999 et 2014 (forêt dense -63,5%, forêt claire -103,2%, forêt de galerie -14,6 % et des cultures de plateau. Pour la mangrove, la mangrove dense régresse fortement alors que la mangrove moins dense progresse.

CONCLUSION

Les résultats issus des deux campagnes de collecte ont permis d'évaluer la situation de la salinisation des sols à travers les mesures de la CE et du pH des échantillons prélevés. Ils montrent des variations de la CE suivant un gradient croissant allant des plateaux du Continental Terminal aux bas-fonds avec des valeurs plus élevées pour l'horizon 0-20cm que pour celui 20-40cm en saison sèche alors que l'inverse est notée pendant la saison des pluies. Toutefois, pour ce qui est du pH, on note une progression décroissante des valeurs mesurées suivant un gradient allant du plateau du Continental Terminal aux bas-fonds. Les analyses des échantillons d'eau des puits laissent entrevoir une minéralisation très accentuée. Elle demeure

importante à Sandiniéry et excessive à Karantaba bien qu'elle soit faible à Samboung du fait de son éloignement par rapport à l'axe fluviale. L'analyse diachronique a révélé une extension progressive de

l'emprise surfacique des tannes au détriment de la couverture végétale.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANSD, 2019. *Service Régional de la Statistique et de la Démographie de Sédhiou : SITUATION ECONOMIQUE ET SOCIALE RÉGIONALE EDITION 2019*, Rapport d'étude, p200.

MALOU Raymond, 1992. *Etude des aquifères superficielles en Basse Casamance : modèle de bilan hydrique*, Thèse de Doctorat en géologie, UCAD, Dakar, p132.

DIOP Téguy et al. 2019. « Analyse des effets du phosphogypse et du fumier sur la salinité de la cuvette de Ndiol dans le Delta du fleuve Sénégal », *Afrique SCIENCE*, 15(4), p71-80. Disponible en ligne : <http://www.afriquescience.net> [dernier accès juin 2024]

MANSALY Yousouf, 2019. *Salinisation des terres rizicoles dans la commune de Djibanar (région de Sédhiou) : Manifestations, impacts et stratégies d'adaptation*, Mémoire de Master 2, UASZ, Ziguinchor, p166.

FAYE Bineta, 2012. *Dynamique de la dégradation des sols dans la communauté rurale de Loul Sessène (Fatick, Sénégal)*, Mémoire de master II, UCAD, Dakar, 148p.

MARIUS Claude et al. 1986. « Évolution du golfe de Casamance au Quaternaire récent et changements de la végétation et des sols de mangroves liés à la sécheresse actuelle », Dans, Faure Hugues, *Changements globaux en Afrique durant le Quaternaire : passé, présent, futur : volume des résumés = Global change in Africa during Quaternary : past, present, future : volume of abstract*, Paris : ORSTOM, 1986, p293-295.

GAYE Mar et al. 2023. « Influence Physico-Chimique des Eaux d'Irrigation sur les Terrains Maraîchers des Niayes : Cas du Gandiolais », *European Scientific Journal (ESJ)*, 19 (30), p26. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.19044/esj.2023.v19n30p26> [dernier accès juin 2024]

RD, 2017. « Face à la salinisation des terres cultivées : la Casamance entre adaptation et diversification ». *Sciences au sud-Le journal de l'IRD-n°84*, novembre 2016 à mars 2017, p2.

HARTANI Tarik et al. 2007. « Stratégies de gestion individuelle de la salinité dans le périmètre irrigué du Bas Cheliff : cas du périmètre de Ouarizane ». Troisième atelier régional du projet Sirma, Juin 2007, Nabeul Tunisie,, Tunisie. p16. cirad-00259776, Disponible en ligne : <https://hal.science/cirad-00259776> [dernier accès mai 2024].

NIANG Souleymane et al. 2017. « Dégradation chimique des sols dans les systèmes de production du Sénégal: analyse des cas du Haut Saloum, du delta du Sénégal et du Gandiolais », *Revue de géographie du Laboratoire Leïdi «DTD» – ISSN 0851 – 2515 – N°17*, Décembre 2017, p21.

KLOPPMANN Wolfram et al. 2011. « Méthodologie de diagnostic de l'origine de la salinité des masses d'eau : emploi des outils géochimiques, isotopiques et géophysiques », *Rapport final*, p41. KUMMU Matti et al. 2018. *Gridded global datasets for Gross Domestic Product and Human Development Index over 1990–2015*, *Revue Scientific Data*, 15p. Disponible en ligne : <https://www.nature.com/articles/sdata20184> [dernier accès juin 2024]

Niang Awa, 1991. *La Casamance et son bassin « étude hydrologique*, Mémoire de Maîtrise, UCAD. Dakar, p153.

NDIONE André Songue, 2014. *Impacts de la salinisation des terres dans la commune de Palmarin*, Mémoire de Master 2, UCAD, Dakar, p100.

NDONG Jean Batiste, 1995. « L'évolution de la pluviométrie au Sénégal et les incidences de la

sécheresse récente sur l'environnement », Revue de Géographie de Lyon, Vol. 70 n° 3-4, 1995, p193-198.

SAMBOU Simon, 2007. *Dynamique de la salinisation des sols de rizières dans la commune de Mlomp : impacts et menaces sur la monoculture rizicole*, Mémoire de Maîtrise, UCAD, Dakar, p88.

SAGNA Ambroise *et al.* 2023. « Dynamiques des écoulements du Kamobeul bolong (estuaire de la Casamance, Sénégal), salinisation et acidification des terres dans les villages d'Eloubaline et Batigher », *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, ISSN 2429-5396, VOLUME 16, ISSUE N° 1 (2023), p15-24. Disponible en ligne : www.american-jiras.com [dernier accès juin 2024]

SANE Tidiane, 2023. *Les systèmes agraires de la Basse Casamance*, la Cliothèque, l'Harmattan-Sénégal, DAKAR, p7.

THIAM Sophie *et al.* 2021. « Monitoring land use and soil salinity changes in coastal landscape: a case study from Senegal », *Environ Monit Assess*, (2021) (2021) 193: 259, p18. Disponible en ligne : <https://doi.org/10.1007%2Fs10661-021-08958-7> [dernier accès mai 2024]

VOIRON Christine et CHERY Jean-Pierre. 2005. « Espace géographique, spatialisation et modélisation dynamique des systèmes », *Res-Systemica*, 2005, 5, 10p. Disponible en ligne : <https://hal.science/hal-00602190> [dernier accès juin 2024]

AUTEURS

Mar GAYE

Doctorant en Géomorphologie à l'École
Doctorale Eau Qualité et Usage de l'Eau (EDEQUE) de l'UCAD
Département de Géographie
Faculté des Lettres et Sciences Humaines
Courriel : mar.gaye91@gmail.com / mar.gaye@ucad.edu.sn

Seydou Alassane SOW

Maître en Géographie - Département de Géographie
Faculté des Lettres et Sciences Humaines
Courriel : sowseydoualassane@yahoo.fr

Bouba THIAM

Maître en Géographie - Département de Géographie
Faculté des Lettres et Sciences Humaines
Courriel : boubathiam94801@gmail.com

AUTEUR CORRESPONDANT

Mar GAYE

Courriel : mar.gaye91@gmail.com / mar.gaye@ucad.edu.sn



© Édition électronique

URL – Revue Espaces Africains : <https://espacesafricains.org/>

Courriel – Revue Espaces Africains : revue@espacesafricains.org

ISSN : 2957-9279

Courriel – Groupe de recherche PoSTer : poster_ujlog@espacesafricains.org

URL – Groupe PoSTer : <https://espacesafricains.org/poster/>

© Éditeur

- Groupe de recherche Populations, Sociétés et Territoires (PoSTer) de l'UJLoG

- Université Jean Lorougnon Guédé (UJLoG) - Daloa (Côte d'Ivoire)

© Référence électronique

Mar GAYE, Seydou Alassane SOW, Bouba THIAM, « *La Influences chimiques des eaux estuariennes du fleuve Casamance sur l'agrosystème de la commune de Karantaba (région de Sédhiou, sud du Sénégal)* », Numéro varia (En ligne), (Numéro 1 | 2024), ISSN : 2957- 9279, p. 45-62, mis en ligne, le 30 juin 2024.

INDEXATIONS INTERNATIONALES DE LA REVUE ESPACES AFRICAINS



Voir impact factor : <https://sjifactor.com/passport.php?id=23718>



Voir la page de la revue dans Road : <https://portal.issn.org/resource/ISSN/2957-9279>



Voir la page de la revue dans Mirabel : <https://reseau-mirabel.info/revue/15151/Espaces-Africains>



Voir la revue dans Sudoc : <https://www.sudoc.abes.fr/cbs/xslt/DB=2.1//SRCH?IKT=12&TRM=268039089>
