



## Evolution de la salinité dans l'estuaire de la Casamance (Sénégal)

Pape Samba DIOP <sup>1,2</sup>, Isabelle BRENON <sup>1</sup>, Awa NIANG <sup>2</sup>

1. La Rochelle Université, UMR 7266 LIENSs, 2, rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France.

*pape.diop@univ-lr.fr; isabelle.brenon@univ-lr.fr; awa10.fall@ucad.edu.sn*

2. Université Cheikh Anta Diop, Laboratoire de Morphologie et d'Hydrologie, BP 5005 Fann-Dakar, Sénégal.

### Résumé :

L'estuaire du fleuve Casamance, au Sud du Sénégal, a été fortement perturbé dans son fonctionnement hydrologique en raison de la longue période de sécheresse qui a touché l'Afrique de l'Ouest entre 1968 et 1995. Avant la fin des années 1960, le fleuve Casamance avait un fonctionnement dit « normal ». Les apports d'eau douce subsistaient même en début de saison sèche, limitant ainsi l'impact de la salinité à la partie aval du fleuve. A partir des années 1970, un recul des limites tidales et une remontée des fronts de salinité sont observés jusqu'à Tankonto Escale, à 254 km de l'embouchure. Malgré une amélioration des conditions pluviométriques depuis les années 2000, les remontées salines persistent toujours. Cet article, en se basant sur des données d'archives sur la salinité et des observations récentes, analyse l'évolution de ces remontées salines dans cet environnement fluvio-marin. Les résultats de l'étude révèlent une tendance à l'augmentation de la salinité, avec un gradient aval-amont constaté depuis la fin des années 1960. Durant la saison sèche, les niveaux de salinités sont uniformément élevés, surpassant même ceux de l'eau de mer, avec des pics marqués durant les mois de mai et de juin. Des valeurs records de 91‰, 187‰, et 143‰ ont été respectivement enregistrées en juin 1987 à Soumboundou (à 200 km de l'embouchure), en mai 1992 à Sobali (à 223 km) et juin 1992 à Tankanto Escale (à 254 km). Depuis 2015, les plus fortes concentrations de salinité (plus de 100‰) sont mesurées dans les zones peu profondes avec un faible volume d'eau favorisant l'évaporation. Elles sont moins prononcées sur le cours principal du fleuve (moins de 60‰) jusqu'à Diana Malari (à 217 km) et quasi nulles au-delà. En mai 2019, une salinité de 45‰ est enregistrée à Sédhiou (à 165 km), tandis que des valeurs dépassant les 80‰ ont été relevées dans des affluents tels que le Soungrougrou, le Kamobeul, les marigots de Baila et d'Etomé. Les conséquences qui en découlent touchent à la fois les communautés locales pour leurs moyens de subsistance notamment la pêche, l'agriculture, ainsi que la biodiversité de l'écosystème estuarien.

**Mots-clés :** Salinisation, Estuaire inverse, Sécheresse, Fleuve Casamance, Inventaire des données.

## Thème 2 – Dynamique sédimentaire

### 1. Introduction

Les estuaires inverses correspondent à des hydrosystèmes où les pertes d'eau dues à l'évaporation dépassent largement les apports d'eau douce provenant des précipitations (PARKER *et al.*, 2017). Selon PRITCHARD (1967), l'influence de l'eau douce en saison sèche y est nulle, ce qui conduit à l'hypersalinisation de l'eau. Il se forme alors un gradient de salinité horizontal croissant de l'océan vers l'intérieur des terres (VALLE-LEVINSON, 2010). Ces estuaires, assez rares dans le monde, sont présents dans les régions semi-arides et arides comme en Australie (Golfe Spencer) (NUNES-VAZ, 2011) ou en Afrique de l'Ouest (Saloum et Casamance) (DESCROIX *et al.*, 2020).

En Afrique de l'Ouest, la longue période de sécheresse (1968-1993), marquée par une baisse drastique des précipitations et un fort taux d'évaporation, a rendu hypersalin certains petits cours d'eau (DESCROIX *et al.*, 2020). L'estuaire de la Casamance est devenu une source d'eau salée depuis le début des années 1970 (DIOP, 1986). Dans ce domaine fluvio-marin, la marée océanique est le principal facteur du mouvement de l'eau (BRUNET-MORET, 1970). Elle y exerce une influence prédominante sur les apports en eau douce (quand ils existent) en apportant de l'eau de mer responsable de la sursalure du fleuve tout en favorisant les phénomènes d'intrusion saline. De plus, la faiblesse des pentes explique la pénétration profonde de ce phénomène (marée) à l'intérieur du bassin plaçant ainsi une bonne partie du fleuve dans le bief maritime (DESCROIX *et al.*, 2015).

### 2. Méthodologie

La méthodologie de cette étude est basée sur :

- Une analyse de la variabilité pluviométrique à travers l'Indice Standardisé de Précipitation (SPI) entre 1922 et 2021 dans les stations de Ziguinchor, Sédhiou et Kolda (Figure 1). Ces trois stations disposent des observations les plus anciennes et les plus continues. Les données ont été collectées à l'Agence Nationale de l'Aviation Civile et de la Météorologie (ANACIM) ;
- Un inventaire des observations de salinité dans l'estuaire entre 1966 et 2019 (Tableau 1). Ces données sont certes fragmentées, parfois lacunaires mais offrent une lecture de la dynamique saline dans ce milieu. Elles sont constituées d'observations mensuelles, saisonnières et ponctuelles.
- Des mesures ponctuelles réalisées en fin décembre 2023 sur l'étendue de l'estuaire.

Pour ces données, les protocoles de collecte utilisés diffèrent d'un auteur à l'autre mais renseignent tous sur la salinité. Les mesures de salinité de BRUNET-MORET (1966-1970) sont acquises *in-situ* avec un conductivimètre équipé d'un correcteur de température incorporé (appareil hollandais CENCO) sur 9 stations réparties dans le chenal et le Soungrougrou. Celles de BASSEL sont réalisées avec un réfractomètre optique Atago S 10 sur le chenal principal entre 1987 à 1992. Les mesures de SANE, ont été réalisées avec un réfractomètre PCE-0100 en mai et octobre 2015.

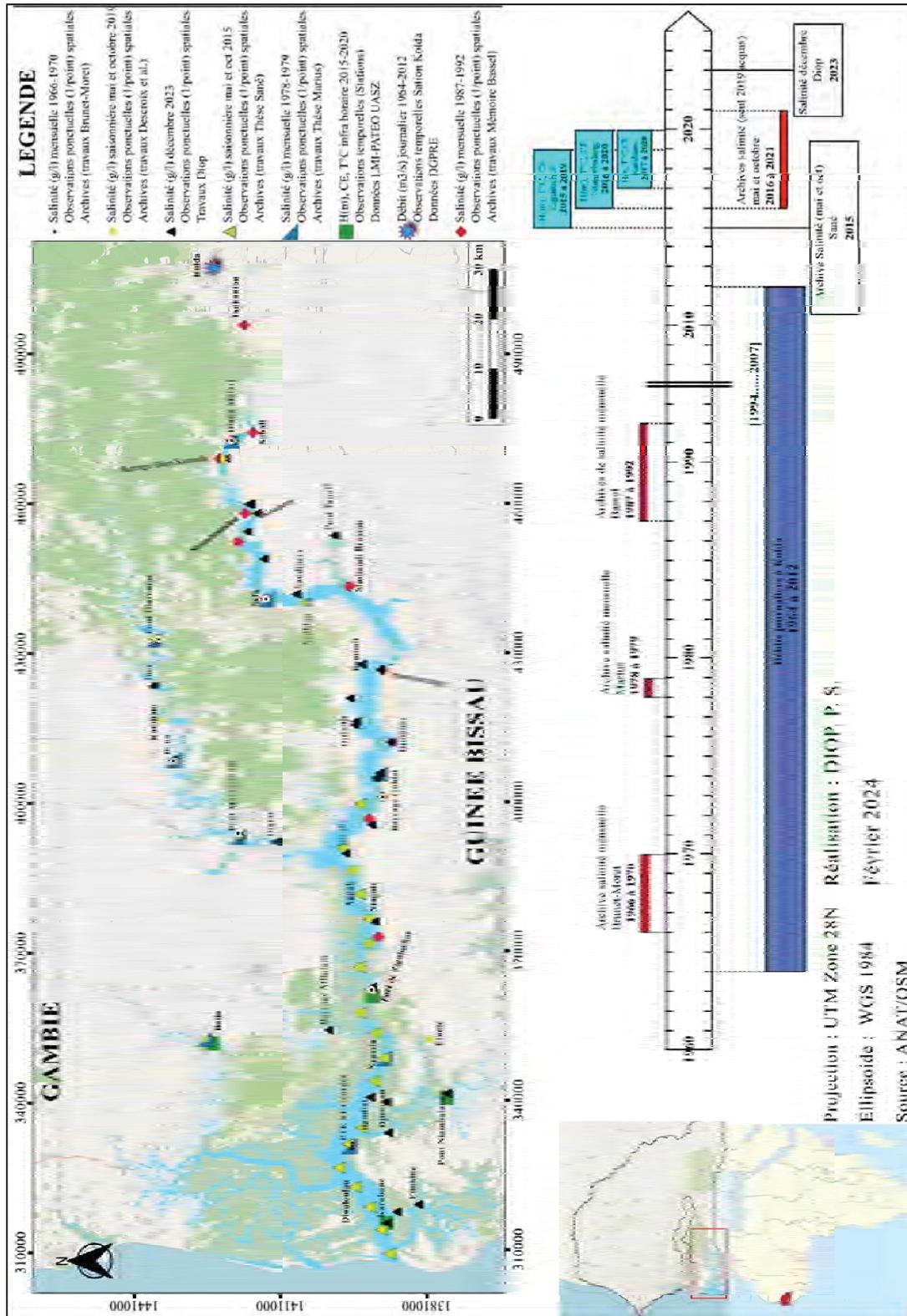


Figure 1. Représentation spatiale des données de salinité dans l'estuaire de la Casamance.

## Thème 2 – Dynamique sédimentaire

Celles de DESCROIX, à l'aide du même type d'appareil (réfractomètre PCE-0100) et, pour les valeurs inférieures à 20 mS/cm, avec un conductimètre HANNA-HI 98130. Les mesures sont réalisées aux mois de mai et novembre sur le chenal et les affluents entre 2016 et 2019. Les dernières observations correspondent à des mesures que nous avons réalisé en fin décembre 2023 à l'aide d'un CTD-Diver. La Figure 1 montre leur répartition spatiale.

Tableau 1. Inventaire des données de salinité dans l'estuaire du fleuve Casamance.

Localisation	Type d'observation	Période	Sources
Chenal principal et affluents	Mesures mensuelles	1966 à 1970	BRUNET-MORET, 1970
Chenal principal et affluents	Mesures mensuelles	1978 à 1979	MARIUS, 1985
Chenal principal	Mesures mensuelles	1987 à 1992	BASSEL, 1992
Chenal principal	Mesures saisonnières (mai et octo)	2015	SANE, 2017
Chenal principal et affluents	Mesures saisonnières (mai et nov)	2016 à 2019	DESCROIX et al. 2020
Chenal principal et affluents	Mesures ponctuelles	Décembre 2023	Mesures personnelles

### 3. Résultats

#### 3.1. Variabilité interannuelle des précipitations dans l'estuaire du fleuve Casamance

Comme l'Afrique de l'Ouest, la Casamance a connu durant ce dernier siècle une succession d'évènements climatiques extrêmes notamment trois sécheresses 1910-1916, 1940-1949 (SIRCOULON, 1990) et 1968-1993 (DESCROIX et al., 2020).

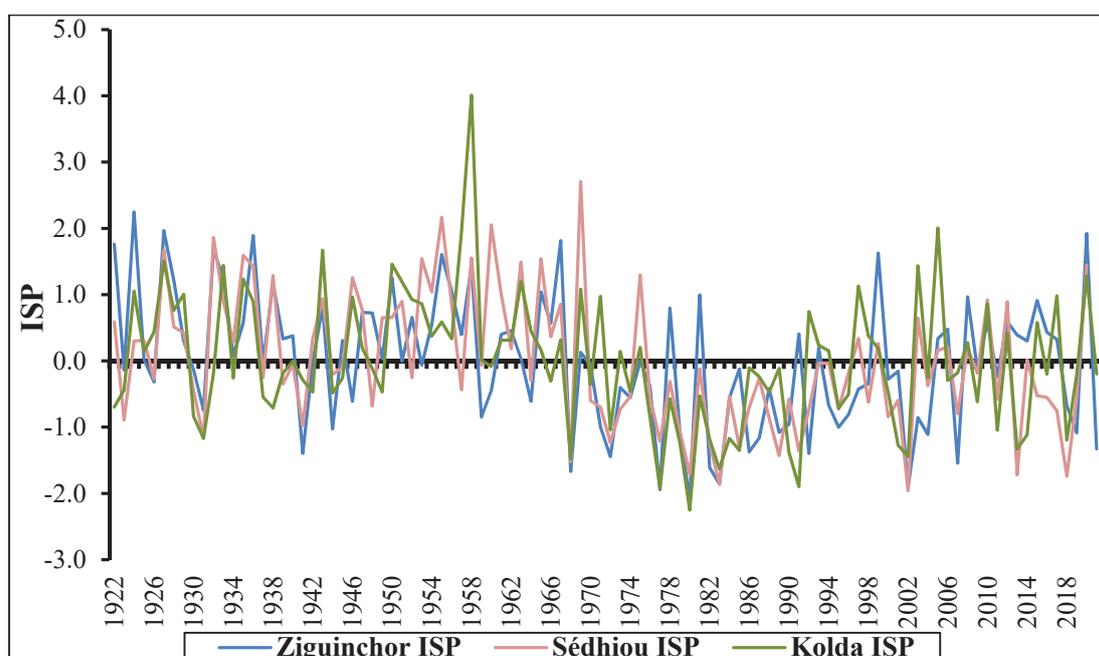


Figure 2. Evolution des Indices Standardisés de Précipitation à Ziguinchor, Sédhiou et Kolda entre 1922 et 2021 (ANACIM, 2023).

De loin la plus longue et la plus intense, la sécheresse de 1968-1993 a eu de lourds bouleversements pour les milieux côtiers (DIADHIOU *et al.*, 2017). La baisse des cumuls pluviométriques s'est généralisée à partir de 1968 avec des déficits de plus 1000mm (Figure 2) et une réduction de la saison pluvieuse de 5 à 3 ou 4 mois (CORMIER-SALEM, 1989). Les années 1968, 1977, 1980 et 1982 ont été les plus déficitaires dans les stations d'étude (Figure 2) avec une réduction d'au moins 40% des précipitations. Les apports d'eau douce sont devenus insuffisants pour compenser les remontées salines (CORMIER-SALEM, 1989). La baisse des débits, associée à une géométrie particulière a entraîné une perturbation du régime hydrique du fleuve et par conséquent une sursalinisation de l'estuaire qui devient de ce fait hyperhalin (PAGES & CITEAU, 1990).

### 3.2. Evolution de la salinité dans l'estuaire du fleuve Casamance

L'évolution de la salinité dans le fleuve Casamance est influencée par la marée, les apports pluviométriques et la morphologie du fleuve. Dans la région estuarienne, les pentes sont très faibles et l'influence de la marée océanique, remonte jusqu'à 217km à Diana Malari (DECROIX *et al.*, 2015). Le profil de la salinité varie saisonnièrement devenant maximal en mai-juin-juillet vers la fin de la saison sèche, et minimal, en octobre-novembre en saison humide (Figure 3).

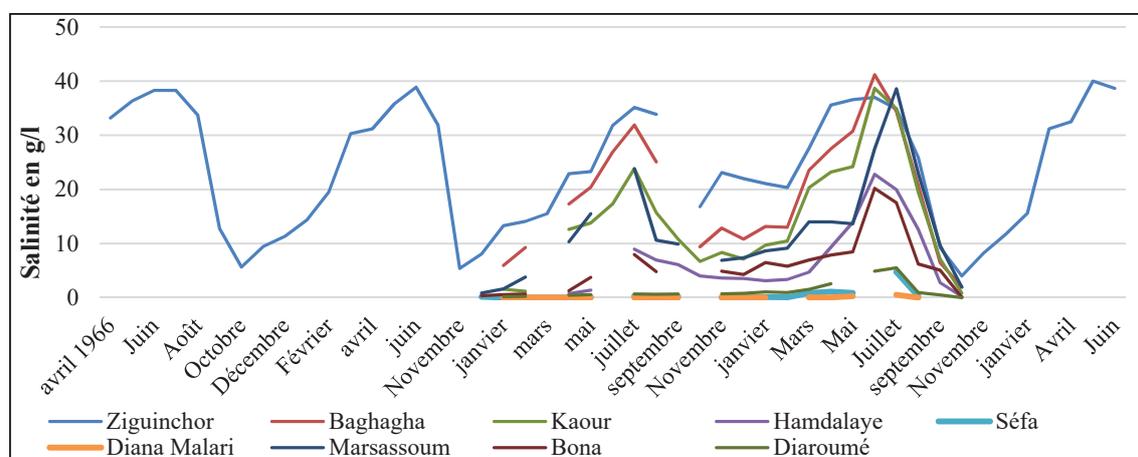


Figure 3. Evolution de la salinité entre 1966 et 1970 (d'après BRUNET-MORET, 1970).

Entre 1966 et 1970, les taux de salinité, plus élevés en fin de saison sèche, dépassent peu 40g/l. Ils atteignent rarement des localités telles que Séfa (179km) ou Diana Malari (217km) mais aussi Diaroumé sur la partie terminale du Soungrougrou (affluent principal) (Figure 1). Le pic de salinité (41,2 g/l) est observé en juin 1969 à Baghagha à 89km de l'embouchure et décroît progressivement vers l'amont où le maximum enregistré à Diana Malari est de 0,53g/l. En saison humide (août à janvier), les taux de salinité baissent et le minimum se situe en octobre. Ces taux sont inférieurs à 25 g/l entre

## Thème 2 – Dynamique sédimentaire

Ziguinchor et Hamdalaye et nuls entre Séfa et Diana Malari. Sur le Soungrougrou, les valeurs les plus importantes (10,6 g/l en août) sont enregistrées à Marsassoum.

La comparaison des observations de BRUNET-MORET (1970) à celles de MARIUS (1985) montre que dix ans plus tard, la salinité dans l'estuaire est 5 à 7 fois plus importante que lors les années 1968 et 1970. Pendant la saison sèche, le caractère d'estuaire inverse est bien établi avec un gradient croissant de l'embouchure (Pointe St-Georges) vers l'amont (Séfa et Diana Malari) (Figure 1).

Les maxima s'observent en mai et juin et les plus fortes valeurs sont notées dans les affluents notamment le Soungrougrou (80,8g/l à Marsassoum, 74,3 à Bona et 85,7 à Diaroumé), les marigots de Baila (95,2g/l), du Guidel (115,6g/l) et Djibonker (127,5g/l). Au niveau du chenal principal, les taux sont plus importants vers la zone d'embouchure notamment à la Pointe St Georges (70,8g/l) pour chuter progressivement vers Séfa et Diana Malari (Figure 4). Les minima se trouvent en septembre-octobre avec un profil de salinité d'estuaire « normal ». La salinité décroît progressivement de l'embouchure vers l'amont. Durant cette période, les affluents sont également dessalés et le pic de salinité se situe dans la zone d'embouchure en raison du mélange régulier avec les eaux marines.

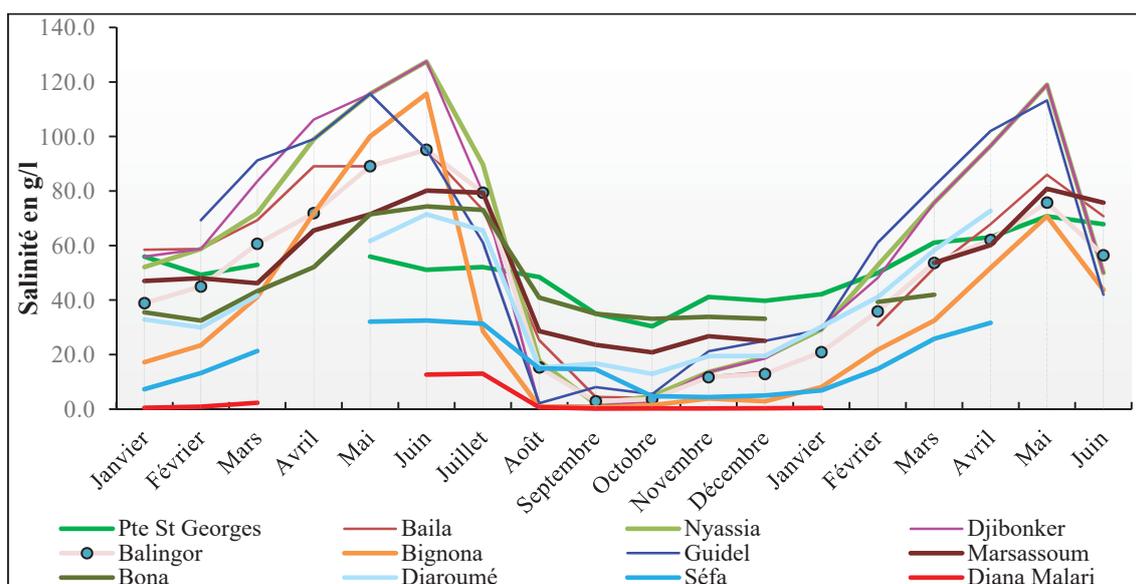


Figure 4. Evolution de la salinité entre 1978 et 1979 (d'après MARIUS, 1985).

Les années 1980-1990 sont caractérisées par une amplification des déficits pluviométriques (de 10 à 50%) surtout à Sédhiou et Kolda (Figure 2), ce qui intensifie l'hypersalinisation des eaux du fleuve dans tout le chenal principal avec une extension jusqu'à Tankonto Escale à 254 km de l'embouchure (Figure 5). En saison sèche, la salinité est partout supérieure à 40g/l avec des pics de plus de 60 g/l entre Diattacounda (136 km) et Sobali (226 km). En saison humide, l'intégralité de l'estuaire est dessalée jusqu'à hauteur de Ziguinchor (63 km).

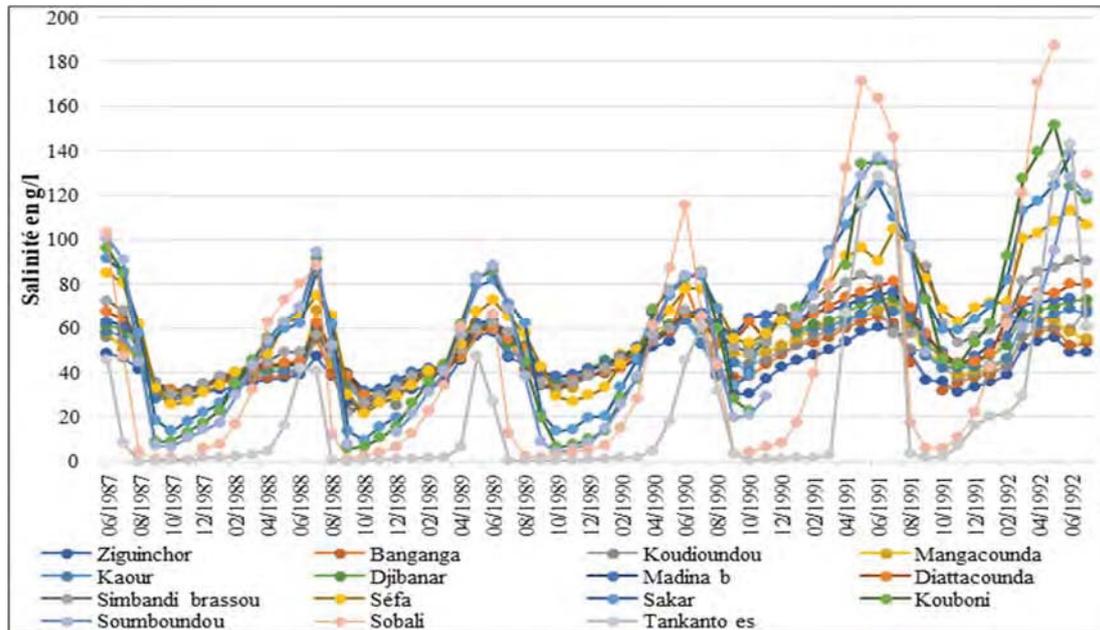


Figure 5. Evolution de la salinité sur le fleuve Casamance entre 1987 et 1992.

Les années qui suivent notamment 1991 (Figure 6) sont exceptionnelles tant en termes de faible pluviométrie (848,9 mm à Sédhiou et 655,8mm à Kolda) qu'en termes de salinité où les taux records (187,6 et 171,2g/l) ont été enregistrés à Sobali à 223 km respectivement les mois de mai 1992 et 1991.

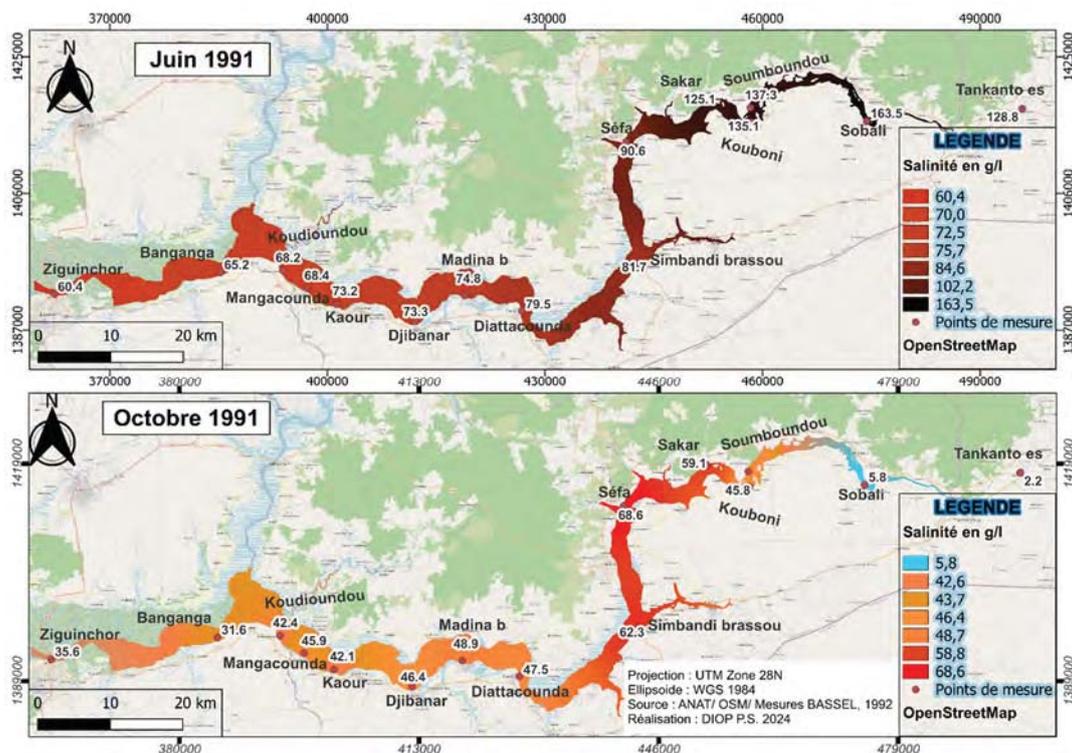


Figure 6. Evolution spatiale de la salinité sur le fleuve Casamance en 1991

## Thème 2 – Dynamique sédimentaire

Durant la saison humide (août à décembre) 1991, les salinités entre Ziguinchor (excepté novembre) et Soumboundou sont supérieures à celles de l'eau de mer. A partir de Sobali (5,8 à 22,2 g/l), elles régressent pour atteindre leur minimum à Tankonto Escale (1,5 à 15,8 g/l).

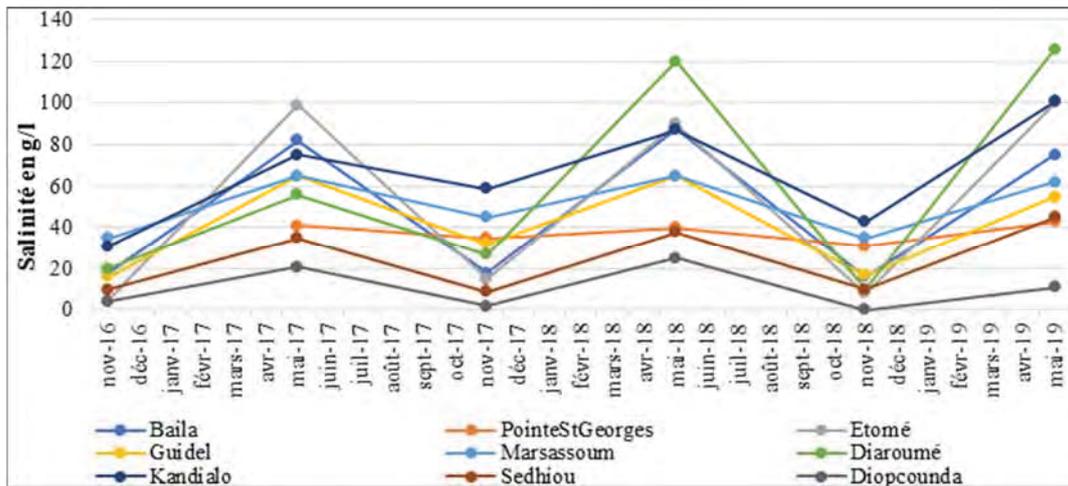


Figure 7. Evolution saisonnière de la salinité dans l'estuaire de la Casamance entre 2016 et 2019.

En outre, selon BASSEL (1992), cette évolution de salinité est étroitement liée à la pluviométrie dans le bassin en amont de Ziguinchor. Ainsi, depuis le début des années 2000, une augmentation de la pluviométrie est observée (DESCROIX *et al.*, 2020). Contrairement aux années de sécheresse, les salinités sont relativement faibles dans le chenal principal entre 2015 et 2023 (Figures 7 et 8). Cependant, elles restent encore élevées dans les affluents sur le Soungrougrou (Kandialo (101g/l) et Diaroumé (126g/l)) et dans certains bolongs tels que Etomé (99g/l) ou Baila (82g/l). En mai, les eaux salées envahissent l'estuaire jusqu'à Diopcounda à environ 213 km de l'embouchure. En saison humide, un dessalement de l'estuaire est observé à l'exception du Soungrougrou (Marsassoum et Kandialo).

En décembre 2023, à la fin de la saison des pluies, les taux les plus importants (34,5g/l) dans l'estuaire sont mesurés à Marsassoum sur le Soungrougrou (Figure 8).

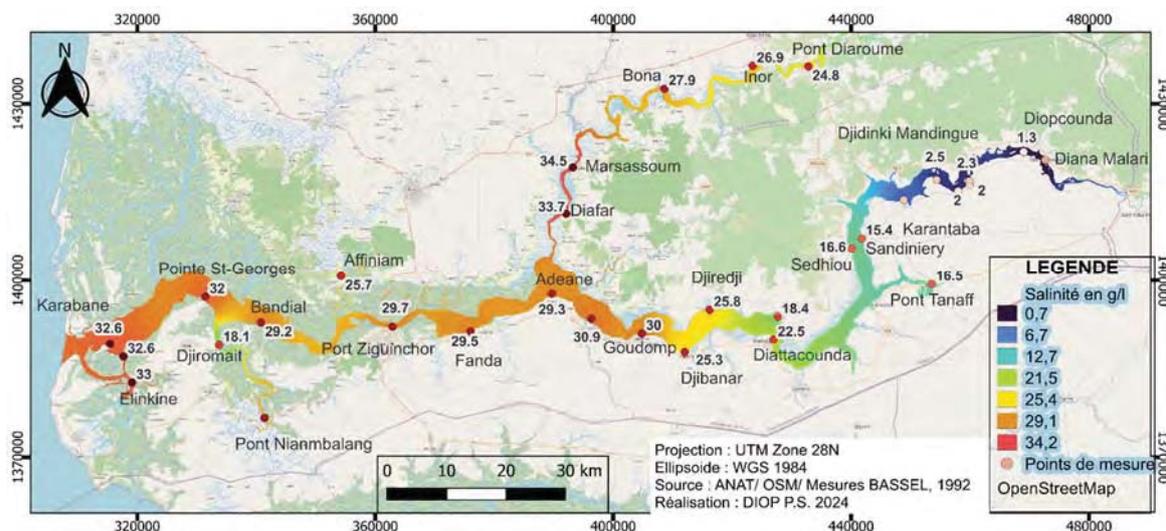


Figure 8 : Evolution spatiale de la salinité dans l'estuaire de la Casamance en décembre 2023

Afin de limiter les intrusions marines et leurs conséquences sur les activités socio-économiques notamment la riziculture, plusieurs ouvrages hydro-agricoles ont été aménagés durant les années 80-90 sur plusieurs affluents du fleuve Casamance (ALBERGEL, 1992). Il s'agit de digues anti-sel et de digues de retenues des eaux dont les plus importants étaient les barrages d'Affiniam sur le marigot de Bignona en rive droite et de Guidel en rive gauche. La plupart de ces ouvrages ont été un échec ou ont contribué à fragiliser davantage le milieu plus qu'il ne l'était. Ceci, en raison de l'inadaptation avec le milieu physique, le manque d'études d'impacts environnementaux, l'ignorance de certaines réalités locales, etc. Le barrage d'Affiniam, bien qu'ayant suscité beaucoup d'espoir de la part des populations, est considéré comme le symbole d'un certain nombre de maux. Il a été à l'origine, selon SANE et al. (2015) non seulement de la disparition de la mangrove en amont et de la faune aquatique mais aussi d'une perception négative des populations locales qui le considère comme une catastrophe.

#### 4. Discussions

Les études récentes (DESCROIX *et al.*, 2020 ; THIOR *et al.*, 2019) ont montré que le fonctionnement normal ou inverse de l'estuaire de la Casamance est étroitement corrélé aux précipitations locales, à la faiblesse du ruissellement (pentes) et à la forte évaporation. Bien qu'étant localisé en climat tropical sub-guinéen (1000 à 1500mm/an), les débits fluviaux (1,8m<sup>3</sup>/s à Kolda en 2019) sont considérés comme relativement faibles et les apports d'eau douce des principaux affluents, quasi inexistant, ne suffisent pas à repousser la langue salée vers l'embouchure (DGPRES, 2023; CORMIER-SALEM, 1989). Comparés aux fleuves Sénégal, Gambie ou Rio Geba, ceux-ci prennent leurs sources dans les massifs du Fouta Djallon, bien arrosés, en République de Guinée et à des altitudes

## Thème 2 – Dynamique sédimentaire

supérieures à 1000m, contre 50m pour la Casamance. Du fait des pentes abruptes, ces derniers ont un débit moyen annuel (90 à plus de 500 m<sup>3</sup>/s) soutenu et le ruissellement y est élevé, ce qui permet de repousser la langue salée vers l'embouchure (ANDRIEU, 2008 ; THIOR *et al.*, 2019).

En saison sèche, l'évaporation est dominante avec des taux de 1400 mm (CORMIER-SALEM, 1989) et les apports d'eau douce continentale sont inexistantes (THIOR *et al.*, 2019). L'eau de mer remonte vers l'amont où une partie s'évapore, donnant ainsi lieu à des fortes concentrations de sel plus importantes que celles de l'eau de mer à l'origine (SANE, 2017). Cela explique, en plus des forts déficits pluviométriques, les taux importants de salinités observés durant les années 1987-1992 (BASSEL, 1992). La forte salinité constatée dans ces estuaires inverses serait donc liée à la perte nette d'eau douce par évaporation comme montré dans le Golfe Spencer (NUNES-VAZ, 2011).

En saison des pluies, et surtout avec le retour de la pluviométrie normale noté depuis le début des années 2000, on observe une diminution notable des taux de salinité et de leur extension spatiale. Les eaux de pluie sont le principal facteur de dessalement des eaux de l'estuaire de la Casamance. Elles constituent 58% du débit total d'eau douce dans le bassin de la Casamance contre 44% pour le Saloum (DESCROIX *et al.*, 2020).

La Casamance devient ainsi une sorte d'« estuaire mixte » devenant à la fois normal pendant la saison des pluies et inverse pendant la saison sèche. Selon LORENZ *et al.*, (2021), cette caractéristique est typique de certains estuaires tropicaux où le forçage d'eau douce peut changer selon les saisons. Contrairement à d'autres estuaires inversés comme le Saloum ou le Golfe Spencer, la Casamance a la particularité de recevoir des apports pluviométriques assez importants pour inverser le gradient de salinité de ses eaux.

Par ailleurs, le regain pluviométrique a également été à l'origine de la régénération naturelle de la mangrove observée ces dernières années en raison de la baisse des taux de salinité. Selon DESCROIX *et al.* (2020), la mangrove dans l'estuaire de la Casamance a déjà dépassé son niveau d'extension ancien d'avant sécheresse. En Basse-Casamance, celle-ci a connu une évolution positive de +22,44 % entre 1994-2018 contre une régression de -42% durant la période de sécheresse (DIEYE *et al.*, 2022). Cet écosystème a été fortement fragilisé entraînant son déclin durant la sécheresse marquée par une sursalure et une acidification des vasières ainsi que des déficits pluviométriques importants (ANDRIEU, 2008 ; DIEYE *et al.*, 2022).

### 5. Conclusions

L'analyse de la dynamique saline dans l'estuaire de la Casamance laisse apparaître une dépendance de celui-ci à la pluviométrie locale. Dans le fleuve Casamance, avec une baisse de la pluviométrie à partir des années 1968, les débits sont faibles, voire inexistantes, ce qui favorise les remontées salines jusqu'à l'intérieur des terres à plus de 210 km de l'embouchure. La salinité des eaux de l'estuaire de la Casamance a connu des variations considérables passant de moins 40 g/l aux années 1966-1968 à plus de 170g/l aux années

1970-1990. La limite tidale a été étendue jusqu'à plus de 220 km. Avec un rétablissement progressif de la pluviométrie, depuis les années 2000, l'estuaire demeure inverse de janvier à juillet et a un gradient de salinité décroissant de l'embouchure vers l'amont d'août à décembre. Les valeurs les plus importantes sont observées au niveau des affluents et autres zones de faible volume d'eau avec un maximum de 126 g/l en mai 2019. La partie aval comprise entre l'embouchure et Ziguinchor reste régulièrement sous l'influence marine avec une salinité proche de celle de la mer à l'exception des mois de septembre et octobre où les taux restent faibles atteignant parfois les 3 g/l. Les débits et le ruissellement dans le haut bassin restent encore faibles, ce qui explique la persistance des forts taux notés ces dernières années. De plus, l'absence de mesures pour limiter l'intrusion saline met en péril l'activité rizicole déjà orpheline de la main d'œuvre jeune en partie tournée vers l'exode rural. De nos jours, seul le barrage d'Affiniam, rénové en 2019, reste fonctionnel.

## 6. Références bibliographiques

- ANDRIEU J. (2008). *Dynamique des paysages dans les régions septentrionales des Rivières-du-Sud (Sénégal, Gambie, Bissau)*. Thèse de doctorat, Université Paris Diderot, France, 532p.
- BASSEL M. (1992). *Conséquence durable de deux décennies de sécheresse: l'hypersalinisation de la Casamance entre 1987 et 1992*. Mémoire de DEA, UCAD, 25p.
- BRUNET-MORET Y. (1970). *Etudes hydrologiques en Casamance*. Rapport définitif, ORSTOM, 157p. <https://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:04581>
- CORMIER-SALEM M.C. (1989). *Contribution à l'étude géographique des espaces aquatiques: la Casamance*. Thèse de doctorat, Université Paris X-Nanterre, France, 536p.
- DESCROIX L., DJIBA S., SANÉ T., TARCHIANI V. (2015). *Eaux et sociétés face au changement climatique dans le bassin de la Casamance*. Actes d'atelier. Ziguinchor, Sénégal. Paris : L'Harmattan, 240 p.
- DESCROIX L., SANE Y., THIOR M., MANGA S.P., BA B.D., et al. (2020). *Inverse estuaries in West Africa: Evidence of the rainfall recovery?* Water 12, no. 3: 647. <https://doi.org/10.3390/w12030647>
- DGPRES (2023). *Études hydrogéologiques et hydrologiques de la casamance et du senegal oriental; Rapport de modélisation hydrologique*. 122p. Document non publié.
- DIEYE E.H.B., SANÉ T., SOLLY B., BA B.D., NDOUR N., SY O., THIO M., MENDY V., TALL E.H.S.B., MERING C., & DIAW A.T. (2022). *Dynamique de la mangrove et perceptions locales dans le Département d'Oussouye (Basse-Casamance, Sénégal) entre 1972 et 2018*. Tropicultura 2295-8010 Volume 40 (2022) numéro 1, doi: 10.25518/2295-8010.2016
- DIOP E.S. (1986). *Estuaires holocènes tropicaux, Etude de géographie physique comparée des « Rivières du sud »: du Saloum (Sénégal) à la Mellacorée (Rép. De Guinée)*. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur, Strasbourg 1, France, 565p

## Thème 2 – Dynamique sédimentaire

- LORENZ M., KLINGBEIL K., BURCHARD H. (2021). *Impact of evaporation and precipitation on estuarine mixing*. Journal of physical oceanography, volume 51, pp1319-1333. doi: 10.1175/JPO-D-20-0158.1
- MARIUS C. (1985). *Mangroves du Sénégal et de la Gambie, Ecologie - Pédologie – Géochimie - Mise en valeur et aménagement*. Ed. ORSTOM, Coll. N°193, 335p.
- NUNES-VAZ R.A. (2012). *The salinity response of an inverse estuary to climate change & desalination*. Estuarine, Coastal and Shelf Science 98 (2012) 49-59. doi: 10.1016/j.ecss.2011.11.023
- PAGES J., CITEAU J. (1990) - *Précipitations et salinité d'un estuaire sahélien entre 1927 et 1987*. J. Hydrol., 113, pp. 325-341.
- PARKER L.M., SCANES E., O'CONNOR W.A., COLEMAN R.A., BYRNE M., PORTNER H., ROSS P.M. (2017). *Ocean acidification narrows the acute thermal and salinity tolerance of the Sydney rock oyster *Saccostrea glomerata**. Marine Pollution Bulletin 122 (2017) pp263-271. doi: 10.1016/j.marpolbul.2017.06.052Km
- PRITCHARD D.W. (1967). *What is an estuary: Physical viewpoint*. In Estuaries. AAAS, Washington DC, p 3-5.
- SIRCOULON J. (1990). *Impact possible des changements climatiques à venir sur les ressources en eau des régions arides et semi-arides, Comportement des cours d'eau tropicaux, des rivières et des lacs en zone sahélienne*. WCAP - 12 WMO/TD-No. 380, 87p.
- THIOR M., SY A.A., DIEDHIOU S.O., Cisse I., GOMIS J.S., DESCROIX L. (2019). *Estuaire inverse de basse Casamance: Impacts sur la qualité de l'eau et des agrosystèmes en milieu insulaire*. Environ. Water Sci. Public Health Territ. Intell. J. 3, 192–197.
- SANÉ T. (2017). *Vulnérabilité et adaptabilité des systèmes agraires à la variabilité climatique et aux changements sociaux en Basse-Casamance (sud-ouest du Sénégal)*, Thèse de doctorat, Université Cheikh Anta Diop de Dakar/Université Sorbonne Paris Cité, Université Paris Diderot-Paris 7, 376p
- SANÉ T., SY O., DIEYE E.H.B., DESCROIX L., DIAW A.T. (2015). *De la pertinence des grands aménagements hydroagricoles dans un contexte d'instabilité climatique: le cas du barrage d'Affiniam en basse-Casamance*. In: Descroix L., Djiba S., Sané T., Tarchiani V. (ed.). Eaux et sociétés face au changement climatique dans le bassin de la Casamance: actes de l'atelier scientifique et du lancement de l'initiative "Casamance: un réseau scientifique au service du développement en Casamance" Paris: L'Harmattan, p. 117-134, ISBN 978-2-343-07690-4
- VALLE-LEVINSON A. (2010). *Definition and classification of estuaries*. In: A. Valle-Levinson Ed. Contemporary Issues in Estuarine Physics. Cambridge University Press, 10p. ISBN-13 978-0-511-67776-2