



REVIEW ARTICLE

ANALYSE PAR TÉLÉDÉTECTION DES DYNAMIQUES SPATIO-TEMPORELLES ET DU POTENTIEL DE SÉQUESTRATION DE CARBONE DE LA MANGROVE AU NIVEAU DE LA LAGUNE DE SOMONE DE 1992 À 2025

*Saliou Mbacké FAYE

Laboratoire Leïdi « Dynamiques des Territoires et Développement », Université Gaston Berger de Saint-Louis, Sénégal,

ARTICLE INFO

Article History:

Received 20th July, 2025
Received in revised form
16th August, 2025
Accepted 10th September, 2025
Published online 30th October, 2025

Keywords:

Télédétection, Séquestration carbone,
Mangrove, lagune de Somone.

*Corresponding author:

Saliou Mbacké FAYE

ABSTRACT

La lagune de Somone se trouve dans la commune de Somone dans le département de Mbour. Elle a été classée Aire marine protégée (AMP) en 2020. Ce classement en AMP avait pour objectif de la protéger face aux différentes menaces globalement liées à l'urbanisation et l'extension de la commune de Somone. Cet article vise globalement deux objectifs. Le premier est d'analyser les dynamiques spatio-temporelles de la lagune et le second est d'évaluer le potentiel de séquestration de carbone de 1992 à 2025. La méthodologie tourne globalement autour d'un traitement d'images satellitaires. Ce traitement d'images a permis d'effectuer une cartographie évolutive de l'occupation du sol au niveau de la lagune afin d'identifier les dynamiques des différentes unités spatiales et particulièrement de la mangrove. Ce traitement d'images a aussi permis d'estimer la quantité de carbone séquestrée par la mangrove en passant par le calcul de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI), le calcul de la biomasse sur le sol, de la biomasse souterraine, de la biomasse accumulée et du stock total de carbone. De cette méthodologie sont ressortis deux principaux résultats. Le premier fait état d'une croissance de la mangrove de 1992 à 2022 et une légère régression entre 2022 et 2025. La séquestration du carbone suit cette dynamique progressive de la mangrove avec des disparités entre les espèces de palétuviers constituant la mangrove à savoir *Avicennia* et *Rhizophora*.

Copyright©2025, Saliou Mbacké FAYE. 2025. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: Saliou Mbacké FAYE. 2025. "Analyse par télédétection des dynamiques spatio-temporelles et du potentiel de séquestration de carbone de la mangrove au niveau de la lagune de Somone de 1992 à 2025.". *International Journal of Current Research*, 17, (10), 34986-34992.

INTRODUCTION

Dans un contexte de réchauffement climatique les zones humides jouent un rôle crucial dans l'atténuation des gazes à effet de serre particulièrement du carbone. En effet, selon Marchio *et al.* (2016), « environ 20 % à 30 % du stockage total de carbone organique terrestre (COT) se trouve dans les environnements humides ». La mangrove qui constitue une composante centrale de ces milieux humides a d'après certaines études un potentiel de séquestration de carbone supérieur à celui des forêts terrestres. Située dans la commune de Somone, la lagune de Somone est passée de réserve naturelle communautaire en 1999 à Aire marine protégée en 2020. Classée site Ramsar en 2017, cette zone humide globalement constitué d'une mangrove, d'une hydrographie permanente et de tannes offre plusieurs services écosystémiques parmi lesquels la séquestration du carbone rejeté dans l'atmosphère. Cette contribution analyse l'évolution spatio-temporelle des unités spatiales constituant la lagune avec un accent mis sur la mangrove et évalue le potentiel de séquestration de carbone de cette dernière de 1992 à 2025. La méthodologie repose exclusivement sur le traitement d'images satellitaires. Cette approche utilisée par un grand nombre de chercheurs constitue une alternative face aux difficultés du terrain. Les résultats obtenus montrent une dynamique globalement progressive de la mangrove et un potentiel de séquestration de carbone en constante évolution. Sur le plan spatial, des disparités sont notées dans la séquestration du carbone d'abord entre la mangrove et les autres

unités spatiales et ensuite entre les espèces constitutives de la mangrove à savoir *Rhizophora* et *Avicennia*.

MÉTHODOLOGIE

La collecte de données secondaires à travers une revue critique de la littérature existante sur la lagune de Somone a été la première étape de notre itinéraire méthodologique. Ainsi, à travers la lecture des publications scientifiques et des rapports spécifiques sur la lagune nous sommes parvenus à collecter un nombre important d'informations liées au fonctionnement de la lagune, à sa diversité biologique et à ses dynamiques spatiotemporelles. À la suite de cette phase de documentation s'en est suivie une seconde phase de traitement d'images satellites et de cartographie. Le traitement des images satellites a permis de faire d'une part une analyse des dynamiques spatiotemporelles de la lagune et d'autre part une estimation du carbone séquestré par la végétation de manière générale et la mangrove de manière spécifique. Une activité préliminaire de prise de points repères ou échantillonnage dans la lagune a été entreprise. Ces points repères pris sur l'ensemble de la lagune avaient pour utilité d'identifier les espèces de palétuviers constituant la mangrove. La carte ci-dessous montre les échantillons pris sur la lagune. À partir de ces points une extrapolation a été effectuée afin de connaître les superficies des différentes espèces de palétuviers que sont *Avicennia*, *Rhizophora* et *Conocarpus*. À la suite de cette étape préliminaire nous

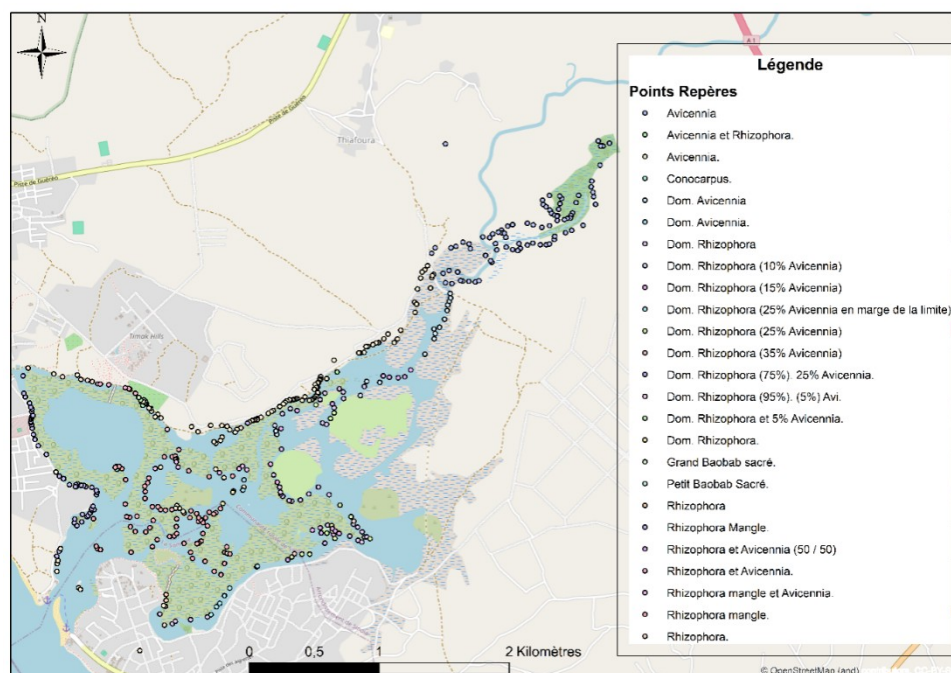


Figure 1. Échantillonnage des espèces de palétuviers

avons procédé au traitement des images satellite qui aboutit à une cartographie évolutive de l'occupation du sol dans la lagune de 1992 à 2025. Le traitement des images suit un processus classique commençant par le prétraitement des images (Pansharpening, conversion de la radiance en réflectance, etc.) suivi de la classification (supervisée) et de la cartographie proprement dite. Ce procédé a permis d'avoir une cartographie diachronique de l'occupation du sol permettant d'apprécier la dynamique spatio-temporelle de la lagune. L'estimation du potentiel de séquestration de carbone par la mangrove boucle notre itinéraire méthodologique. Cette estimation s'effectue d'abord en calculant l'indice de végétation par différence normalisé (NDVI) à partir duquel sera estimé la biomasse sur le sol ou ABG (Above Ground Biomass) avec la formule suivante :

$$ABG = 305,9 * NDVI^{4,864}$$

L'estimation du ABG permet à son tour de faire une estimation de la biomasse souterraine ou BGB (Below Ground Biomass) à travers cette formule utilisée par Cairns *et al.* (1997) :

$$BGB = \exp(-1,0587 + 0,8836 * \ln(ABG))$$

Où: ABG: Above Ground Biomass (Ton ha⁻¹); BGB: Below Ground Biomass (T/ha)

Un calcul du total de biomasse accumulé a été effectué en faisant la somme de la biomasse au sol et la biomasse souterraine. TAC = ABG + BGB. Après cette phase d'estimation de la biomasse totale au niveau de la mangrove, il restait juste à estimer la quantité totale de stock de carbone (TCS) et enfin la quantité de carbone séquestré par espèces végétales notamment la mangrove. L'estimation de la quantité totale de stock de carbone a été effectuée en se basant sur les conclusions du GIEC selon lesquelles 47,5% de la biomasse est constitué de carbone. La formule est par conséquent TCS = TAC * %C organique Avec TCS = Stock Total de Carbone, TAC = Biomasse Total Accumulée et %C = le taux de carbone constitué dans la biomasse qui est ici estimé 0,475 (47,5%). S'agissant de la quantité de carbone séquestrée, son calcul est effectué suivant une formule édictée par le GIEC multipliant le stock total de carbone par 3,67. La formule est la suivante : ACS = 3,67 * TCS

RÉSULTATS

Dynamiques spatio-temporelle de la lagune de 1992 à 2025:
Devenu réserve naturelle communautaire en 1999 et aire marine

protégée en 2020, la lagune de Somone a subi de multiples transformations. En effet, son classement en RNC en 1999 a été motivé par le constat d'une dégradation accrue de sa mangrove incitant ainsi des femmes de la zone à effectuer des campagnes de reboisement. C'est d'ailleurs cet engagement des femmes à préserver cet espace offrant d'importants services écosystémiques qui a poussé le conseil rural de Sindia d'alors à l'ériger en Réserve naturel communautaire. Vingt et un ans après, en 2020, la lagune a été classé Aire marine protégée. Ces séries de classement avaient tous pour objectif de préserver ce riche écosystème constitué de mangrove et recevant chaque année une diversité d'oiseaux migrateurs. Ils ont permis une conservation voire même une densification et une extension de la mangrove de 1992 à 2025 comme l'illustre la cartographie ci-après. Cette cartographie évolutive de l'occupation du sol au sein de l'AMP de Somone montre une hausse de la surface occupée par la mangrove de 1992 à 2025.

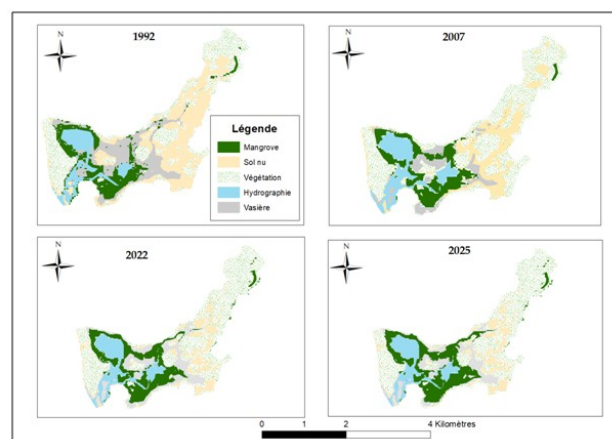


Figure 2. Cartographie de l'occupation du sol de 1992 à 2025

Tableau 1. Superficie des différentes unités spatiales de la lagune de Somone

	1992	2007	2022	2025
Mangrove	95,13 ha	107,06 ha	128,99 ha	139,02
Vasières	122,55 ha	64,56 ha	106,88 ha	101,22
Sol nu	219,83 ha	138,98 ha	83,52 ha	75,43
Végétation	238,38 ha	347,41 ha	341,91 ha	343,57
Hydrographie	70,51 ha	89,17 ha	81,26 ha	81,28

Le tableau ci-après montre la répartition de l'espace de la lagune par les différentes unités spatiales pour les années 1992, 2007, 2022 et 2025. Comme l'illustre le tableau ci-dessus, la superficie de la mangrove est passée de 95 ha en 1992 à 139 hectares en 2025 soit une hausse de 44 hectares en 32 ans. Cette hausse de la superficie de la mangrove est le résultat des efforts de préservation entrepris par l'autorité étatique et municipale à travers d'abord le classement de la lagune en RNC et par la suite en AMP mais aussi à travers les campagnes de reboisement. Ainsi, malgré les menaces du front d'urbanisation cet espace garde toujours son riche écosystème faisant de lui une zone touristique très convoitée. La figure ci-après montre l'évolution de la mangrove de la lagune de Somone de 1992 à 2025.

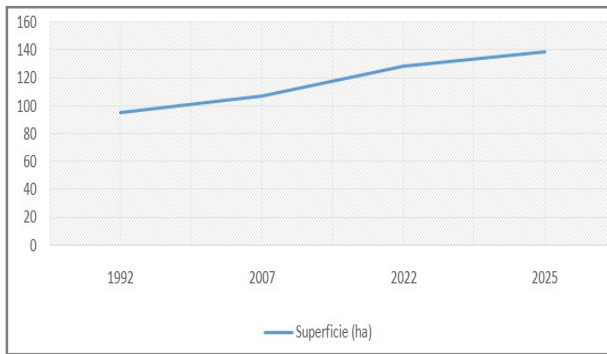


Figure 3. Evolution de la superficie de la mangrove de 1992 à 2025

Cette mangrove qui a connu une extension entre 1992 et 2025 est constituée d'une diversité d'espèces de palétuviers avec une prédominance des Rhizophoras comme l'illustre la figure ci-après.

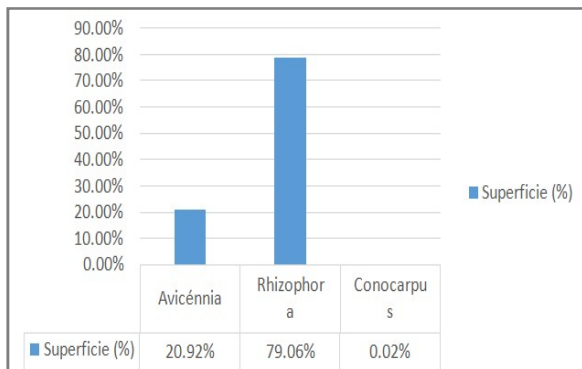


Figure 4. Répartition de la mangrove en fonction des différentes espèces de palétuvier

En somme on retient que du fait des politiques de préservation déployé par les autorités étatiques et municipales depuis 1999, la lagune de Somone connaît une évolution positive de sa mangrove. Son classement récent en Aire marine protégée (AMP) renforce la préservation de son écosystème dans un contexte marqué par une extension rapide du front d'urbanisation. Evolution du potentiel de séquestration de carbone de la mangrove de la Lagune de Somone.

Calcul de l'indice de végétation par différence normalisée (NDVI) : La quantification du carbone séquestré par la mangrove a été effectuée en partant de l'indice de végétation par différence normalisée. Cette indice obtenue grâce à une combinaison entre la bande rouge et la bande Proche Infrarouge permet d'avoir un aperçu sur la densité de la mangrove. La figure ci-après montre la répartition spatio-temporelle du NDVI pour les années 1992, 2007, 2022 et 2025.

La valeur moyenne de l'indice de végétation par différence normalisée s'est accrue entre 1992 et 2025 témoignant ainsi d'une dynamique progressive de la mangrove. Toutefois, une légère baisse est observée entre 2022 et 2025. Cette baisse serait dû à un élargissement de l'amplitude entre la valeur minimale et celle maximale en 2025. Le graphique ci-après montre l'évolution de la moyenne du NDVI de 1992 à 2025.

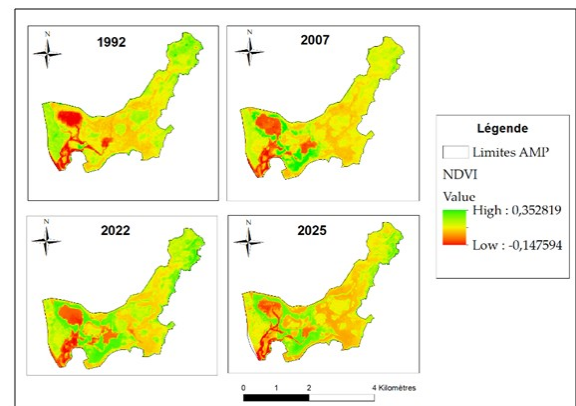


Figure 5. Cartographie du NDVI de 1992 à 2025

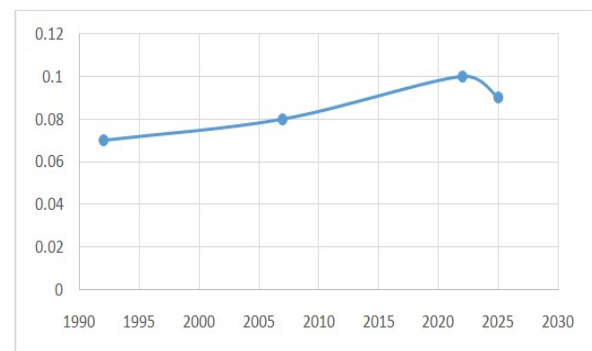


Figure 6. Evolution de la valeur moyenne du NDVI de 1992 à 2025

Le NDVI est un indicateur permettant d'apprécier la santé de la végétation. Au niveau de la lagune de Somone le maximum du NDVI atteint 0,7 à l'intérieur de la mangrove principalement au niveau des Rhizophoras qui constituent l'espèce la plus présente. L'indice de végétation par différence normalisée a été utilisée pour faire une estimation de la biomasse aérienne.

Estimation de la biomasse aérienne: La figure suivante montre l'évolution de la biomasse aérienne au niveau de la lagune de Somone de 1992 à 2025.

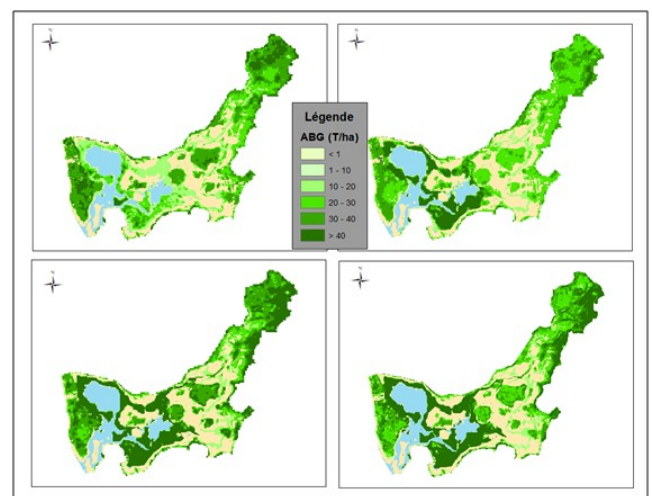


Figure 7. Cartographie de la biomasse aérienne au niveau de la lagune de Somone de 1992 à 2025

En 1992, la moyenne de la biomasse aérienne au niveau de la lagune de Somone est de 23 t/ha avec des variations spatiales très prononcées entre la mangrove et les autres unités spatiales. En effet, à l'intérieur de la mangrove la biomasse aérienne atteint parfois 70 t/ha alors que dans d'autres endroits de la lagune elle est inférieure à 1t/ha. La même

tendance est observée pour les années 2007, 2022 et 2025 avec une moyenne respective de 24t/ha, 32t/ha et 29t/ha. La dynamique globale de biomasse aérienne entre 1992 et 2025 laisse apparaître une croissance exponentielle de 1992 à 2022 et un léger fléchissement entre 2022 et 2025.

Estimation de la biomasse souterraine: La cartographie ci-après montre la répartition spatio-temporelle de la biomasse souterraine au niveau de la lagune de Somone de 1992 à 2025. La biomasse souterraine correspond au compartiment de la biomasse totale qui est stocké dans le sol ou le sous-sol. Elle est obtenue à partir de la biomasse aérienne. Son évolution entre 1992 et 2025 est presque semblable à celle de la biomasse aérienne comme l'illustre la figure

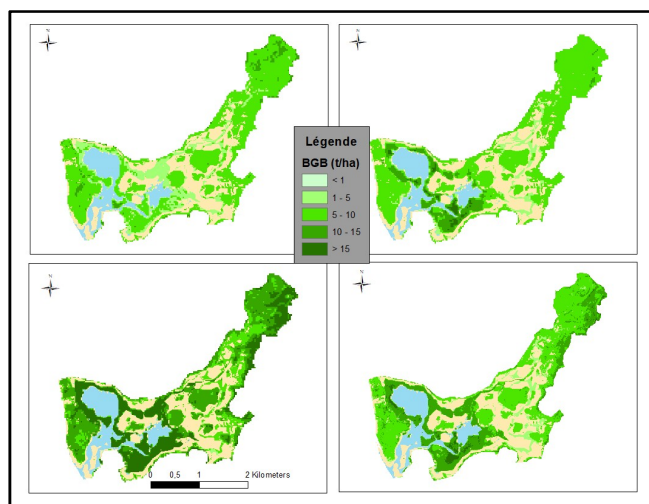


Figure 8. Cartographie de la biomasse souterraine au niveau de la lagune de Somone de 1992 à 2025

suivante qui montre l'évolution du maximum et de la moyenne de la biomasse souterraine.

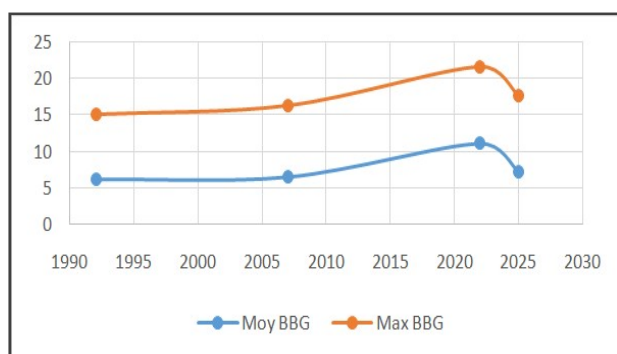


Figure 9. Evolution de la biomasse souterraine de 1992 à 2025

À l'image de la biomasse aérienne, la biomasse souterraine est beaucoup plus concentrée au niveau de la mangrove particulièrement à l'intérieur des Rhizophora. Les densités y atteignent parfois 20 t/ha (cf. figure 8).

Estimation de la biomasse totale accumulée: La biomasse totale accumulée correspond à l'addition de la biomasse aérienne et de la biomasse souterraine. Elle désigne la quantité totale de matière organique produite et stockée par les êtres vivants (plantes, animaux, micro-organismes) dans un écosystème, sur une période donnée. La cartographie suivante représente la répartition de la biomasse totale accumulée au sein de la lagune de Somone pour les années 1992, 2007, 2022 et 2025.

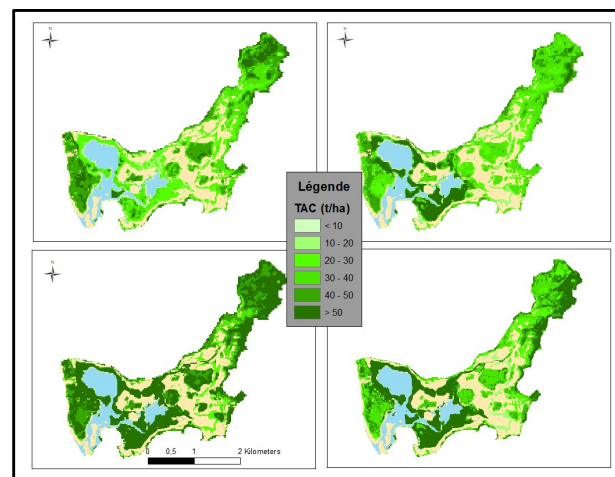


Figure 10. Cartographie de la biomasse totale accumulée de 1992 à 2025

En 1992, la moyenne de la biomasse totale accumulée au niveau de la lagune s'élevait à 32 t/ha. Une hausse de 2 t/ha a été notée en 2007 la faisant passer de 32 à 34t/ha. En 2022, la moyenne de la biomasse totale accumulée est estimée à 42 t/ha soit une hausse de 8 t/ha comparée à 2007 et de 10 t/ha par rapport à 1992. En 2025 une baisse de 3 t/ha a été notée par rapport à l'année 2022.

Estimation de la quantité totale de stock de carbone (TCS) : L'estimation de la biomasse totale accumulée permet de faire une évaluation de la quantité totale de stock de carbone de la lagune de Somone. Le calcul a été effectuée pour toutes les années de référence afin de ressortir la tendance globale de 1992 à 2025 telle qu'illustrée par la figure suivante.

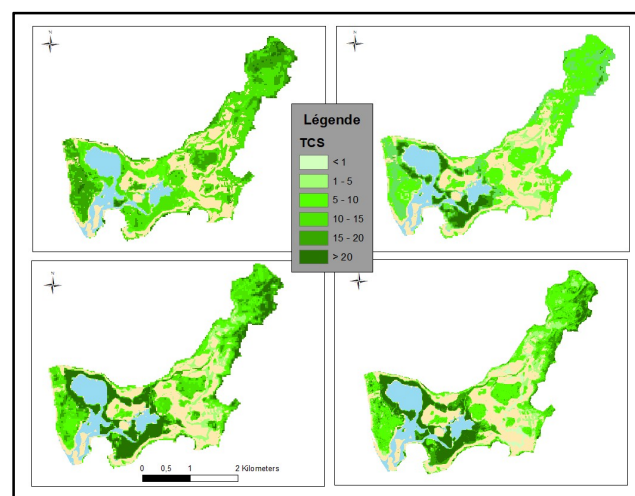


Figure 11. Cartographie de la quantité totale de stock de carbone de 1992 à 2025

La cartographie de l'évolution des stocks de carbone révèle une tendance globalement haussière de 1992 à 2025. Des disparités spatiales très prononcées sont notées entre la mangrove et les autres unités spatiales. En effet, le stock de carbone atteint au niveau de la mangrove une valeur maximale avoisinant les 40 tonnes à l'hectare tandis que pour les autres unités spatiales il atteint difficilement une tonne à l'hectare. Même à l'intérieur de la mangrove, des disparités sont notée entre les espèces de palétuviers particulièrement entre les rhizophoras et les Avicennias. En effet, dans la littérature il a été avancé que le rhizophora, du fait de sa biomasse totale plus élevée, a une meilleure capacité de stockage de carbone que l'avicennia. Cette hypothèse se confirme au niveau de la mangrove de la lagune de Somone avec des valeurs de stock de carbone sensiblement supérieur chez les rhizophoras. Sur le plan temporel, l'évolution du stock de carbone est illustrée par le graphique suivant.



Figure 12. Cartographie de quantité totale de carbone séquestrée au niveau de la lagune de Somone

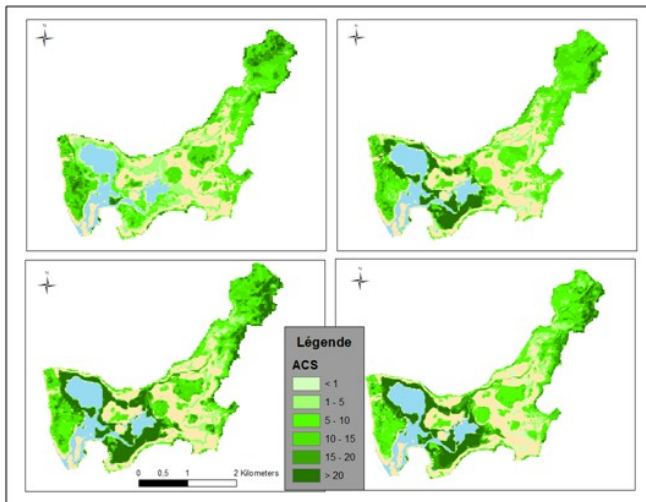


Figure 13. Cartographie de quantité totale de carbone séquestrée au niveau de la lagune de Somone

Le stock de carbone en moyenne est estimé à 15,63 t/ha en 1992, à 16,6 t/ha en 2007, à 19,89 t/ha en 2022 et à 18,78 t/ha en 2025. La courbe de tendance de la moyenne montre ainsi croissance globale de la quantité totale de stock de carbone au niveau de la lagune de 1992 et 2025 malgré le fléchissement noté entre 2022 et 2025.

Estimation de la quantité totale de carbone séquestrée (ACS) :

L'estimation de la quantité totale de stock de carbone constitue la dernière étape permettant d'aboutir à l'estimation de la quantité totale de carbone séquestrée. Par définition, la séquestration de carbone désigne le processus naturel par lequel le dioxyde de carbone (CO_2) est capturé de l'atmosphère et stocké à long terme dans des réservoirs naturels comme la mangrove. La figure ci-après montre la répartition spatiale de la quantité totale de carbone séquestrée au niveau de la lagune de Somone. Dans la lagune de Somone, la quantité de carbone séquestré est passée en moyenne de 57 t/ha en 1992 à 60 t/ha en 2007 et a atteint 89 t/ha en 2022. Une baisse de 09 t/ha a été enregistrée entre 2022 et 2025 et la quantité de carbone séquestrée est passé 89 t/ha à 80 t/ha. Sur le plan spatial, la séquestration du carbone est beaucoup plus prononcée au niveau de la mangrove et précisément dans les rhizophoras avec des maxima qui atteignent parfois 180 t/ha en 2025.

DISCUSSION

En plus d'enrichir les connaissances sur le potentiel de séquestration de carbone de la mangrove, cette contribution constitue quelque part un guide méthodologique sur l'apport de la télédétection dans l'évaluation des capacités de séquestration de carbone. Elle a ainsi permis d'avoir un aperçu sur l'évolution spatio-temporelle des différentes unités spatiales constituant la lagune de Somone y compris la mangrove, et a permis d'estimer la quantité totale de carbone séquestrée au niveau de la lagune pour les années 1992, 2007, 2022 et

2025. Un procédé similaire a été adopté par Brunda *et al.* (2024) pour analyser la dynamique du couvert forestier et évaluer le stock de carbone dans la réserve de faune de Sanchou entre 2000 et 2022. De même Abi *et al.* (2023) ont à partir des données de télédétection évalué la contribution des écosystèmes de plantation d'anacardiers à la séquestration du stock de carbone dans la zone soudano-guinéenne du Centre-Bénin. Toutes ces publications prouvent la pertinence de recourir aux données de télédétection pour évaluer la séquestration du carbone par les espèces végétales. Face aux difficultés inhérentes à l'acquisition de données in-situ, la télédétection offre une alternative fiable avec des marges d'erreur acceptables. Quant au potentiel de séquestration de carbone de la mangrove, plusieurs publications en ont été effectuée. Sow *et al.* (2025) ont effectué une estimation du carbone de la mangrove de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS) à partir de données satellites. Les résultats de cette recherche montrent un potentiel élevé de stockage de carbone malgré une tendance baissière imputable à la dégradation de la mangrove due à la forte salinisation des terres et au déboisement. En effet, dans un rapport de la FAO sur les forêts datant de 2010, il a été établi que la mangrove stock jusqu'à quatre fois plus de carbone par hectare que les forêts tropicales terrestres.

Les travaux de Alongi (2012) abondent dans ce sens. Ce dernier soutient dans son article que les mangroves ont des ratios de masse de carbone en dessous et au-dessus du sol plus élevés que ceux des arbres terrestres. Selon Marchio *et al.* (2016), « environ 20 % à 30 % du stockage total de carbone organique terrestre (COT) se trouve dans les environnements humides ». Ils ajoutent que « la dégradation des zones humides a le potentiel de réduire les stocks de carbone terrestre jusqu'à 50 % au cours du premier siècle de perturbation ». Cette capacité de séquestration de carbone fait donc de la mangrove un rempart important contre le réchauffement climatique. Comme cela a été démontré dans cette présente contribution, les capacités de séquestration de carbone varient en fonction du type de palétuvier composant la mangrove. En effet, les avis s'opposent entre chercheurs par rapport au potentiel de séquestration de carbone entre le *Rhizophora* et l'*Avicennia*. Par exemple dans un article portant sur le potentiel de séquestration de carbone de *Rhizophora mucronata* et *Avicennia marina* publié en 2013, KATHIRESAN *et al.* ont obtenu des résultats dans lesquels *Avicennia marina* a affiché un taux de séquestration du carbone 75 % supérieur à celui de *Rhizophora mucronata*. Par contre dans une autre publication du même auteur datant de 2018, les résultats obtenus reflètent un taux de séquestration du carbone qui était 96,8 % plus élevé dans *Rhizophora mucronata* que dans *Avicennia marina*. En effet, d'autres paramètres tel que la nature du sol, la saison ou la variation génétique peuvent influencer le potentiel de séquestration de carbone. Au niveau de la lagune de Somone le potentiel de séquestration de carbone de *Rhizophora* est nettement plus élevé que celui de *Avicennia*. Cette connaissance du potentiel de séquestration de carbone des espèces de palétuviers constituant la mangrove peut guider le choix des espèces pour les activités de reboisement.

REFERENCES

- ABI, A., ZOUNTCHEGNON, Lambert, DJOSSA, Bruno, *et al.* Contribution des écosystèmes de plantation d'anacardier à la séquestration du stock de carbone dans la zone soudano-guinéenne du Centre-Bénin à partir des images sentinel-2a. *Afr. sci.*, 2023, vol. 23, p. 56-71.
- ALONGI, Daniel M. Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon management*, 2012, vol. 3, no 3, p. 313-322.
- ANAËLLE BRUNDA, Djiaha, MARLÈNE, NGANSOP TOUNKAM, et MBEVO FENDOUNG, Philippes. Analyse par télédétection de la dynamique du couvert forestier et évaluation du stock de carbone dans la réserve de faune de Santchou entre 2000 et 2022. In : *Conférence de l'Association Francophone de Géographie Physique (AFGP)*. 2024.
- KATHIRESAN, Kandasamy, SARAVANAKUMAR, Kandasamy, ASMATHUNISHA, Nabikhan, *et al.* Biochemical markers for carbon sequestration in two mangrove species (*Avicennia*

- marina and *Rhizophora mucronata*). *Beni-Suef University journal of basic and applied sciences*, 2018, vol. 7, no 4, p. 733-739.
- KATHIRESAN, K., ANBURAJ, R., GOMATHI, V., *et al.* Carbon sequestration potential of *Rhizophora mucronata* and *Avicennia marina* as influenced by age, season, growth and sediment characteristics in southeast coast of India. *Journal of coastal conservation*, 2013, vol. 17, no 3, p. 397-408.
- MARCHIO JR, Daniel A., SAVARESE, Michael, BOVARD, Brian, *et al.* Carbon sequestration and sedimentation in mangrove swamps influenced by hydrogeomorphic conditions and urbanization in Southwest Florida. *Forests*, 2016, vol. 7, no 6, p. 116.
- SOW M, TOURE L, SOW E. Estimation du carbone de la mangrove de la Réserve de Biosphère du Delta du Saloum (RBDS) à partir des données d'observation de la terre. *Revue Geotrope*, 2025, n°1, p. 27-44
