



Available online at <http://www.ifgdg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 18(1): 197-205, February 2024

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

International Journal
of Biological and
Chemical Sciences

Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Caractérisation de la diversité et de l'abondance du phytoplancton de l'Aire Marine Protégée de Sangomar/Sénégal

Ali Mohamed ABDOU SALAM*, Ngasoumana BA, Mame Samba MBAYE, Djibril DIOP, Ndongo DIOUF, Jules DIOUF, Madiou GUEYE, Seyni SANE et Kandiouira NOBA

Laboratoire Botanique Biodiversité, Faculté des Sciences et Techniques, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, B.P. 5005 Dakar-Fann, Sénégal.

*Auteur correspondant ; E-mail : salamabdou913@gmail.com, alimohamed.abdousalam@ucad.edu.sn;
Tel: (+221) 77 107 71 21

Received: 01-11-2023

Accepted: 24-02-2024

Published: 29-02-2024

RESUME

Au Sénégal, les Aires Marines Protégées (AMP) ont été mises en place pour une meilleure gestion des ressources halieutiques. Aujourd'hui, ces AMP sont confrontées à divers problèmes dont la pollution qui impacte négativement sur leur état de santé. Cette étude a pour objectif de mettre en place une situation de référence de la diversité phytoplanctonique dans l'AMP de Sangomar pour une meilleure gestion de conservation. Des prélèvements d'échantillons de phytoplanctons accompagnés par des mesures de paramètres hydrologiques (température, salinité, oxygène dissous, pH et la transparence), ont été faits dans différentes stations de l'AMP entre Novembre 2021 et Novembre 2022. La diversité et l'abondance du phytoplancton ont été suivies. L'analyse des résultats a montré que la salinité, le pH et l'oxygène dissous sont significativement influencés par la saison tandis que ces variations ne sont pas significatives entre les stations. L'exploitation des prélèvements de phytoplancton a permis de recenser 241 espèces, pour toutes stations et saisons confondues. Ces espèces sont dominées par les Bacillariophytes (189 espèces) et les Dinophytes (37 espèces). La richesse spécifique contrairement à l'abondance du phytoplancton a été plus importante durant la saison sèche avec 207 espèces contre 161 durant la saison des pluies. Les résultats obtenus des indices de diversité de Shannon et de Pielou traduisent une faible diversité et une répartition non équitable des individus au sein des communautés phytoplanctoniques.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Mot clés : AMP, phytoplancton, pollution, diversité, Sénégal.

Characterization of phytoplankton diversity and abundance in the Sangomar/ Senegal Marine Protected Area

ABSTRACT

In Senegal, Marine Protected Areas (MPAs) have been set up to improve the management of fishery resources. Today, these MPAs are faced with various problems, including pollution, which has a negative impact on their state of health. The aim of this study is to establish a baseline of phytoplankton diversity in the Sangomar MPA for better conservation management. Phytoplankton sampling, accompanied by measurements of hydrological parameters (temperature, salinity, dissolved oxygen, pH and transparency), were carried out at various

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.
DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v18i1.16>

9552-IJBCS

MPA stations between November 2021 and November 2022. Phytoplankton diversity and abundance were also monitored. Analysis of the results showed that salinity, pH and dissolved oxygen were significantly influenced by the season, while these variations were not significant between stations. Phytoplankton sampling revealed 241 species for all stations and seasons combined. These species are dominated by Bacillariophytes (189 species) and Dinophytes (37 species). Specific richness, as opposed to phytoplankton abundance, was higher during the dry season, with 207 species compared with 161 during the rainy season. The results obtained from the Shannon and Piélou diversity indices reflect low diversity and a non-equitable distribution of individuals within phytoplankton communities.

© 2024 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: AMPs, phytoplankton, pollution, diversity, Senegal.

INTRODUCTION

Le Sénégal bénéficie d'un littoral long de 700 km au sein duquel existent divers écosystèmes renfermant une diversité biologique réelle. Toutefois, ces milieux côtiers sont de plus en plus vulnérables du fait des multiples pressions anthropiques qui les affectent (Faye et Dieng, 2019). Dans un tel contexte et compte tenu des enjeux socio-économiques du littoral, des Aires Marines Protégées (AMP) ont été créées afin de protéger, de restaurer et de mieux gérer la biodiversité marines (Dème et al., 2021).

Depuis 2004, plus de 10 AMP ont vu le jour sur le plan national dont celle de Sangomar (créée en mars 2014). Cette dernière se trouve aujourd'hui confrontées à des menaces de pollutions liées aux rejets ménagers et industriels (RAMPAO, 2010 ; Failler et al., 2019), ainsi qu'à l'exploitation des hydrocarbures qui pourrait prochainement influencer son fonctionnement du fait des conséquences de l'exploitation pétrolière. Depuis la création de l'AMP de Sangomar, des travaux portant sur la diversité et la biomasse de l'ichtyofaune ont été réalisés (Diankha, 2018). Toutefois, les connaissances sur le phytoplancton restent peu connues au sein de l'AMP malgré son rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques. Il est donc important de réunir des informations scientifiques utiles à la prise de décision pour l'amélioration de la gestion de l'AMP.

A cet effet, cette étude a pour objectif de caractériser l'état de référence de la diversité et de l'abondance du phytoplancton

afin d'apprécier dans l'avenir tout impact de l'exploitation pétrolière sur l'écosystème.

MATERIEL ET METHODES

Présentation de l'AMP de Sangomar

Créée le 24 Mars 2014, l'AMP de Sangomar est située dans les communes rurales de Palmarin et de Dionewar dans la région de Fatick (Figure 1). Elle est en communication direct avec l'AMP de Joal-Fadiouth au Nord, au Sud avec le Parc National du Delta de Saloum, à l'Est avec la Réserve Naturelle Communautaire de Palmarin et à l'Ouest avec l'Océan atlantique. Elle couvre une superficie de 87437 ha. Sa mission principale est de contribuer à la gestion des ressources halieutiques et des habitats marins et côtiers (Dème et al., 2021).

Prélèvement d'échantillons de phytoplancton

La zone d'étude connaît deux grandes saisons. Une saison des pluies de 5 mois (juin-octobre) et une saison sèche de 7 mois. Ainsi, 5 campagnes d'échantillonnage (3 en saison sèche et 2 en saison des pluies) ont été effectuées entre novembre 2021 et novembre 2022.

Au total, 5 stations dont 2 marines et 3 estuariennes ont été suivies. Les coordonnées géographiques de chaque station sont représentées dans le Tableau 1. Dans chaque station, les prélèvements d'échantillons de phytoplancton ont été réalisés sur trois points distants de 1km par le biais d'une pirogue motorisée.

Au niveau de chaque point, les prélèvements d'eaux ont été faits à l'aide d'un

filet à plancton de 30 µm de maille pour l'étude qualitative et d'une bouteille de Niskin de 1,5 litre pour l'étude quantitative. Pour chaque type de prélèvements, des échantillons d'eau de 100 ml ont été faits puis fixés au formol de 5%. Parallèlement, des mesures de la température (°C), de la salinité (mg.L⁻¹), du pH, de l'oxygène dissous (mg.L⁻¹) ont été effectuées *in situ* à l'aide d'une sonde multi-paramètre. La transparence de l'eau a été appréciée suivant la longueur (m) de disparition du disque de Secchi.

Traitement des échantillons

Observation et identification

Les échantillons ont été observés au microscope optique (*Motic*) à l'objectif x100. L'identification des espèces a été faite suivant des clés d'identification (Paulmier, 1994 ; Compère et al. 2009 ; Gueye 2016).

Diversité du phytoplancton

La diversité phytoplanctonique a été estimée suivant la richesse spécifique, l'abondance et les indices de diversité de Shannon et de Piélou.

La richesse spécifique du phytoplancton

La richesse spécifique constitue le nombre total d'espèce inventorié dans une unité de surface. Elle est connue par son importance dans la détermination de la structure d'un peuplement.

L'abondance du phytoplancton

L'abondance est connue comme le nombre d'individu pour chaque espèce. Le dénombrement des individus a été fait selon la méthode d'UTERMÖL (1958) dans des cuves de sédimentation et l'abondance a été calculée selon la formule suivante.

$$A = n_s/V * P * 1000 \text{ individus/L}$$

A = abondance du phytoplancton de l'échantillon

n = nombre d'individu du taxon s

V = volume de sédimentation (1 ml)

P = rapport entre la surface de la cellule de comptage et la surface du champ oculaire

1000 = facteur de conversion en L.

Indice de diversité de Shannon –Wiener (H')

L'indice de Shannon-Wiener (1963) permet d'exprimer la diversité en prenant en compte la richesse spécifique et l'abondance des individus. Sa valeur varie entre 0 (faible diversité) et log RS (toutes les espèces sont dominantes). Il a été déterminé selon la formule suivante

$$H' = - \sum n_{ij}/N \log n_{ij}/;$$

n : l'effectif de l'espèce i dans l'échantillon

N : l'effectif total des individus dans l'échantillon

Indice de régularité de Piélou (J)

L'indice de régularité de Piélou (1996) permet de mesurer la distribution des individus au sein des espèces. Il correspond le rapport entre la diversité réelle H' et la diversité maximale Hmax. Sa valeur est située entre 0 (dominance d'une espèce) et 1 (équi-répartition des individus des espèces).

$$J = \frac{H'}{Hmax}$$

$$Hmax = \log_2 RS$$

Analyse des données statistiques

Les paramètres hydrologiques, l'abondance du phytoplancton et les indices de diversité ont été analysés suivant deux approches (temporelle et spatiale). Pour chaque paramètre, la moyenne et les valeurs extrêmes ont été calculées. Les résultats ont été par la suite représentés sous forme de boîtes en moustache afin de visualiser les variations. Des analyses non paramétriques, le test Kruskal-Wallis test (Kruskal-Wallis 1952) et celui de Wilcoxon ont été effectuées avec le logiciel R après vérification de la normalité (Shapiro et Wilk 1965) pour juger la variation spatio-temporelle des paramètres hydrologiques et biologiques (abondance et indice de diversité). Dans tous les cas, une différence est significative lorsque la p-value est inférieure 0,05.

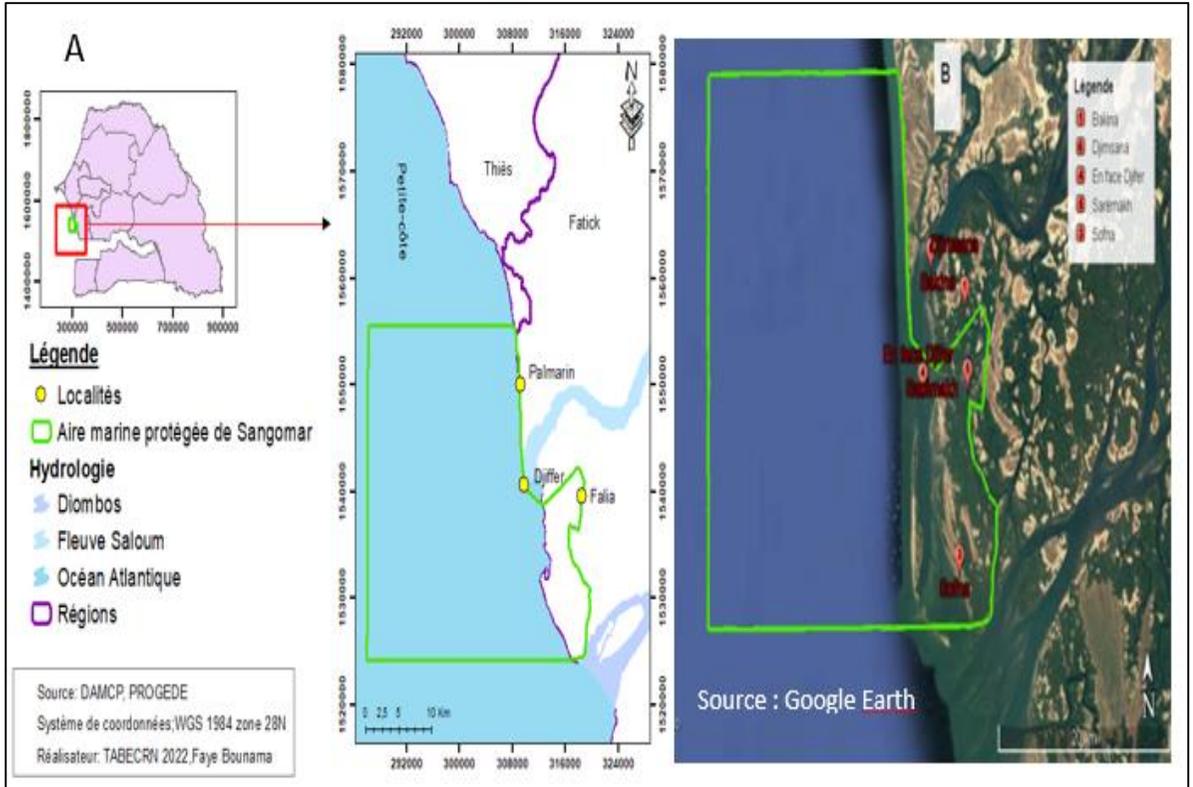


Figure 1 : Localisation géographique de l'AMP de Sangomar et les stations d'échantillonnage.

Tableau 1 : Coordonnées géographiques des différentes stations de prélèvement de l'AMP de Sangomar.

Stations	Latitude	Longitude
Bakina	13°56'30.00"N	16°42'12.00"O
Sofna	13°48'18.00"N	16°42'33.00"O
Djiffer	13°53'51.00"N	16°44'55.00"O
Djimssane	13°57'39.00"N	16°44'24.00"O
Serema	13°53'58.00"N	16°42'1.00"O

RESULTATS

Variation spatio-temporelle des paramètres hydrologiques dans l'AMP de Sangomar

Les variations spatio-temporelles de la température, de la salinité, du pH, de l'oxygène dissous et de la transparence de l'eau sont consignées dans les Tableaux 2 et 3.

Les résultats ont montré que tous les paramètres suivis n'ont pas varié significativement entre les stations. Par contre, seuls la salinité, le pH et l'oxygène dissous ont été dépendants de la saison.

Variation spatio-temporelle de la diversité du phytoplancton dans l'AMP de Sangomar

Richesse spécifique et structure de la diversité du phytoplancton

L'analyse des caractères morphologiques du phytoplancton récolté au sein de l'AMP de Sangomar a permis d'inventorier 241 espèces réparties dans 5 embranchements pour toutes stations et saisons confondues. Cette microflore a été prédominée par les Bacillariophytes (189) suivis des Dinophytes (37 espèces) (Figure 2A). Les Cyanophytes (9 espèces), les Chlorophytes (3 espèces) et les Sillicophytes (3 espèces) ont été les moins diversifiés. Par ailleurs, les genres *Chaetoceros* (40 espèces), *Coscinodiscus* (18 espèces), *Rhizosolenia* (15 espèces), *Protoperdinium* (13 espèces) et *Nitzschia* (11 espèces) ont été les plus représentés.

La richesse spécifique a été caractérisée par une variation saisonnière assez apparente avec un nombre d'espèce plus élevé à la saison sèche avec 207 espèces contre 161 pour la saison des pluies (Figure 2B) et quelle que soit la station (Figure 2C). Globalement, les stations de Serema (125 espèces) et de Djimssane (122 espèces) ont été les moins diversifiées par rapport aux stations de Djiffer (142 espèces), de Sofna (134 espèces) et de Bakina (134 espèces) (Figure 2D).

Abondance du phytoplancton

L'abondance du phytoplancton affiche une distribution saisonnière qui diffère d'une station à l'autre (Figure 3) avec des densités significativement (Wilcoxon test, p-value = 0,00) plus élevées à la saison des pluies (140456 ind.L⁻¹) et qu'à la saison sèche (116000 ind.L⁻¹). Globalement, les densités du phytoplancton ont été importantes dans l'ensemble des stations sans une différence significative (Kruskal-wallis test, p-value =

0,6) : 159400 ind.L⁻¹ à Bakina, 116367 ind.L⁻¹ à Djimssane, 137667 ind.L⁻¹ à Serema, 116366 ind.L⁻¹ à Djiffer et 108500 ind.L⁻¹ à Sofna.

Au mois de novembre_2021, l'abondance du phytoplancton a été caractérisée par un bloom du genre *Coscinodiscus*, observé dans l'ensemble des stations et qui a représenté environ 82,5% de l'abondance totale. En février, la diversité a été marquée par la dominance des genres *Chaetoceros* (466 milles ind.L⁻¹), *Coscinodiscus* (214500 ind.L⁻¹), *Ditylum* (169500 ind.L⁻¹) et *Rhizosolenia* (221 milles ind.L⁻¹). Pour le mois de juin, une poussée des Dinophyceae a été notée et une dominance des *Ceratium furca* (700500 ind.L⁻¹), *Rhizosolenia robusta* (413000 ind.L⁻¹), *Neocalyptrella robusta* (398000 ind.L⁻¹) et *Cerataulina pelagica* (251000 ind.L⁻¹). Au mois de septembre_2022, la diversité a été marquée par la dominance des genres *Chaetoceros* et *Coscinodiscus*, qui ont représenté à eux seuls plus de 60% du nombre d'individus total. En fin, la campagne de novembre_2022 a été aussi marquée par la dominance des genres *Chaetoceros* (660000 ind.L⁻¹), *Coscinodiscus* (220500 ind.L⁻¹) accompagnés par des effectifs non négligeables d'*Eucampia* (29500 ind.L⁻¹), du *Hemiaulus* (22500 ind.L⁻¹).

Indice de diversité

L'indice de Shannon H' a montré une variabilité saisonnière avec un minimum en saison sèche (1,98) et un maximum en saison des pluies (2,46). La saisonnalité de H' diffère d'une station à l'autre (Tableau 4). En saison sèche, les faibles valeurs de H' ont été notées dans la station de Djimssane (1,45) alors qu'elles ont été maximales à Sofna (2,71). A la saison des pluies, l'indice de Shannon était faible à Djiffer (2,21) et maximal à Djimssane (2,68).

Pour l'indice de Piéluou, les valeurs obtenues ont été faibles durant les deux saisons et dans toutes les stations.

Tableau 2: Variations saisonnières des paramètres hydrologiques dans l’AMP de Sangomar.

Paramètre	Saison sèche	Saison des pluies	P-value
Température	27,80	28,20	0,20
Salinité	35,80	34,10	0,01
Oxygène	12,80	32,20	0,00
pH	8,10	6,10	0,00
Secchi	1,90	2,10	0,20

Tableau 3: Variations spatiales des paramètres hydrologiques dans l’AMP de Sangomar.

Station	Bakina	Djimssane	Sofna	Djiffer	Serema	P-value
Température	37,38	33,08	31,83	28,13	22,08	0,26
Salinité	28,83	32,54	28,38	29,21	33,54	0,26
Oxygène	35,13	36,75	21,33	30,92	28,38	0,20
pH	7,06	7,02	7,13	7,08	7,03	0,90
Secchi	2,28	1,83	1,72	2,09	2,09	0,13

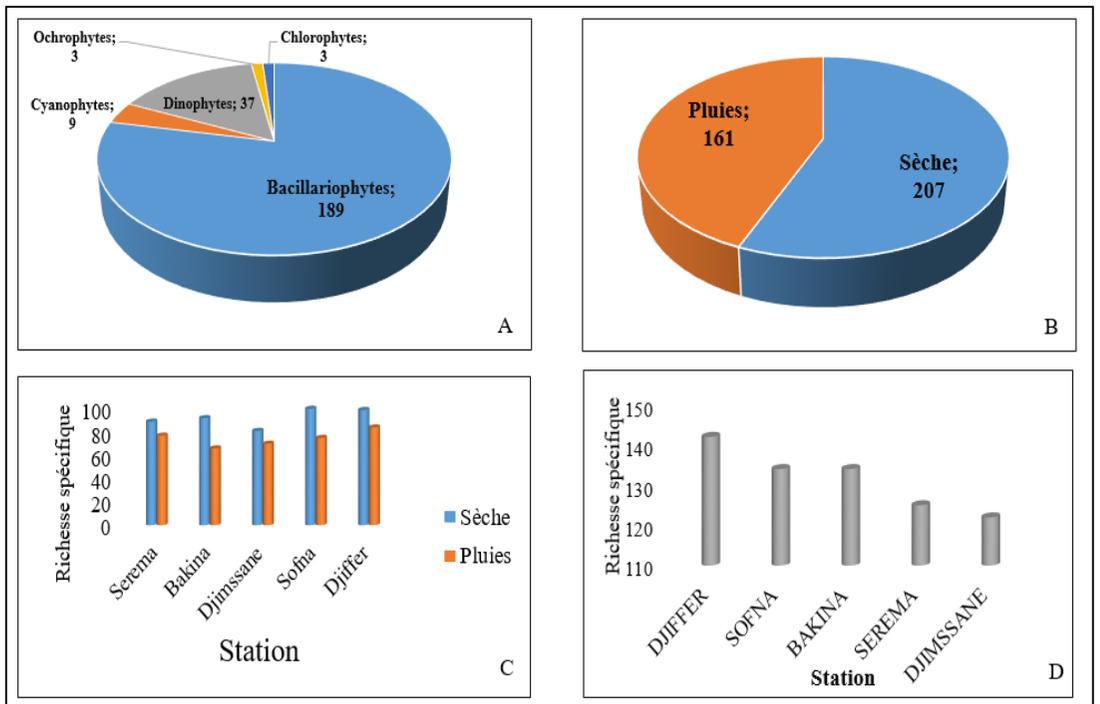


Figure 2: Composition taxonomique du phytoplancton dans l’AMP de Sangomar.

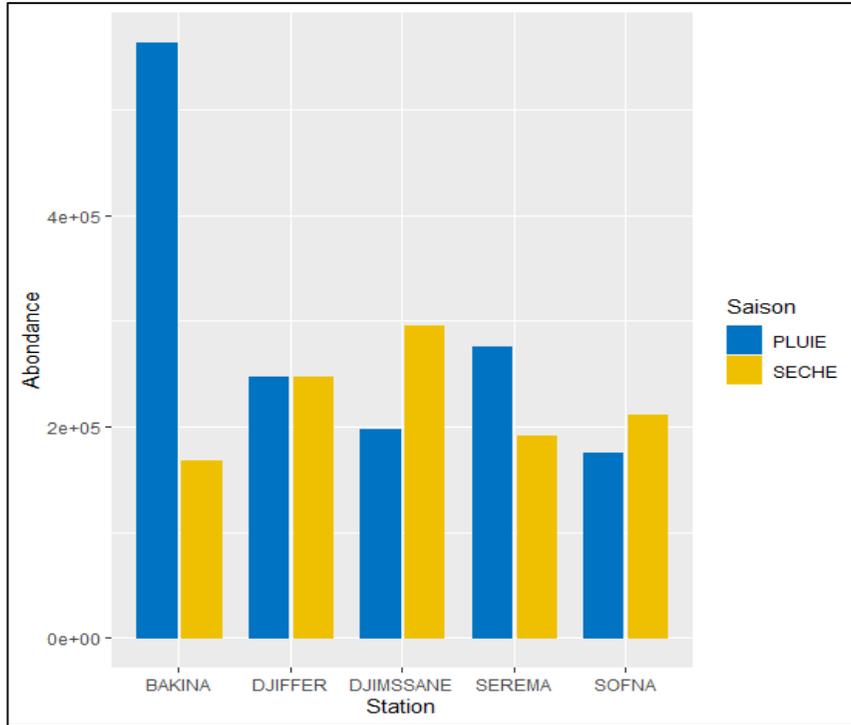


Figure 3: Variations spatio-temporelles de l'abondance du phytoplancton dans l'AMP de Sangomar.

Tableau 4: Variations spatiales des indices de diversité de Shannon durant les deux saisons.

Saison	Sèche		Pluies	
	Shannon	Piélou	Shannon	Piélou
Djiffer	2,14	0,32	2,22	0,35
Serema	2,39	0,37	2,53	0,41
Sofna	2,71	0,41	2,40	0,40
Bakina	2,52	0,38	2,45	0,45
Djimssane	1,45	0,21	2,68	0,46
P-value	0,20	0,50	0,12	0,04

DISCUSSION

L'étude a permis de caractériser l'état de la diversité du phytoplancton dans l'AMP de Sangomar durant les deux saisons. Les résultats ont montré des eaux riches en phytoplancton en termes de richesse spécifique avec 241 espèces inventoriées. La saison sèche a enregistré le nombre d'espèce le plus important. L'analyse de cette diversité

phytoplanctonique a montré une dominance des Bacillariophytes contre les Dinophytes, les Cyanophytes, les Chlorophytes et les Sillicophytes. Ce dernier groupe a été saisonnière (saison des pluies) représenté par le genre *Dictyocha*. Cette dominance des Diatomées, caractéristique des eaux marines sénégalaises, a été évoquée par les travaux de Dia (1983), de Gueye (2016) et de Abdou

Salam et al. (2020). Les eaux prélevées durant la saison sèche ont été plus salines et plus alcalines et ainsi plus diversifiées par rapport à la saison des pluies. Dia (1983) a montré que la saison sèche sur le plan national correspond à une saison riche en phytoplancton due à la montée des eaux de profondeur par upwelling. La composition taxonomique a montré une forte présence des diatomées centriques des genres *Chaetoceros*, *Rhizosolenia* et *Coscinodiscus* tout au long de l'étude qui indique une situation eutrophe de la couche de l'eau de l'AMP (Abboud-Abi et al., 2005).

L'abondance du phytoplancton n'a pas subi de fluctuations spatiales significatives quelle que soit la saison. En revanche, la densité phytoplanctonique a été significativement. Ceci pourrait être expliqué par les apports nutritifs par ruissellement des eaux de pluies. Le nombre d'individus maximal a été enregistré aux mois de février et de juin, périodes favorables à la remontée des eaux de fond riches en nutriment (Dia, 1983). Le bloom algal des genres *Chaetoceros* (février) et de *Ceratium* (juin) pourrait aussi expliquer cette différence.

Les indices de diversité ont été suivis pour caractériser le peuplement et de mesurer entre autres la distribution des effectifs des différentes espèces au sein du peuplement. Les résultats obtenus ont permis de caractériser la structure de la population et l'état d'équilibre de l'écosystème. Les valeurs de l'indice de Shannon et de Pielou obtenues dans l'ensemble des stations indépendamment de la saison traduisent une faible diversité phytoplanctonique et une mauvaise distribution des individus du phytoplancton dans la zone. Cette faible diversité serait due aux blooms enregistrés durant les différentes campagnes. Ces valeurs montrent qu'il n'existe pas une succession écologique des communautés phytoplanctoniques bien définie. Le développement de certains groupes comme le cas des *Ceratium* au mois de juin, de *Thalassionema* au mois de septembre, correspond à des phases d'instabilité profitables pour ces taxons. Cette faible diversité et la distribution inéquitable des

individus est caractéristique de fortes perturbations du milieu (Akogbeto et al., 2018).

Conclusion

Le suivi des indicateurs phytoplanctoniques (composition taxonomique et abondance) dans l'AMP de Sangomar au cours d'un cycle annuel a permis d'établir une situation de référence de l'état de la diversité du phytoplancton dans ce biotope. Les résultats ont montré une richesse spécifique importante. L'analyse de la richesse spécifique et de l'abondance du phytoplancton ont montré une variation saisonnière respectivement plus élevée durant la saison sèche et la saison des pluies. Les indices de diversité ont caractérisé l'AMP à un biotope pas diversifié en phytoplancton. Ces résultats seraient importants dans l'amélioration de la gestion de l'AMP de Sangomar.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts pour cet article.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

AS a collecté et observé les données biologiques. MMS, NB et KN ont dirigé l'identification des espèces et assuré notre encadrement. DD et ND ont contribué à la collecte des échantillons du phytoplancton et à la correction de l'article. En fin, JD, MG et SS ont contribué à la correction de cet article.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée dans le cadre du projet «amélioration des indicateurs biologiques d'évaluation de l'efficacité de gestion de Aires Marines Protégées au Sénégal» du laboratoire de Botanique – Biodiversité de l'Université Cheikh Anta Diop de Dakar (UCAD). L'aboutissement de ce travail est le fruit de l'accompagnement de la Direction des Aires Marines Protégées Communautaires et le Département de biologie végétale de l'UCAD, qui méritent notre profonde reconnaissance.

REFERENCES

- Abdou Salam AM, Ba N, Ndour I, Sané S, Thiaw M, Diouf N, Diouf J, Diop D, Gueye M, Brehmer P, Mbaye MS, Kane A, Noba K. 2020. Caractérisation de la flore phytoplanctonique dans l'Aire Marine Protégée (AMP) de Bamboung et de deux sites environnants (Sénégal). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **14** (7) : 2452-2462. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i7.7>
- Akogbeto HK, Zanklan AS, Adjahouinou C, Fiogbe ED. 2018. Degré d'eutrophisation et diversité phytoplanctonique de la lagune de Porto-Novo, République du Bénin. *Afrique SCIENCE*, **14** (3) : 42-57.
- Compère P, Riaux-Gobain C. 2009. Diatomées de quelques biotopes marins, saumâtres et dulçaquicoles de Guinée (Afrique occidentale). *Systematics and Geography*, <http://dx.doi.org/10.5091/plecevo.2014.981>
- Dème EB, Failler P, Touron-Gardic G. 2021. La gouvernance des aires marines protégées au Sénégal : difficulté de la gestion participative et immobilisme des comités de gestion. *Vertigo*, **21**(1): 1-18. DOI: [doi.org/doi.org/10.4000/vertigo.30880](https://doi.org/10.4000/vertigo.30880)
- Dia A. 1983. Biomasse et biologie du phytoplancton le long de la Petite Côte Sénégalaise : relation avec l'hydrologie. *Archive Scientifique du Crodt du Centre de Recherche Océanographiques de Dakar-Thiaroye*, 126 : 77.
- Diankha O. 2018. Peuplements Halieutiques Du Réseau D'AMP Du Sénégal en 2017. Rapport technique DAMCP/MEDD, Sénégal, 86 pp.
- Failler P, Touron-Gardic G, Sadio O, Marie-Suzanne T. 2019. Menaces sur les aires marines protégées en Afrique de l'Ouest: de la pêche non contrôlée aux changements climatiques. *Mondes en Développement*, **47** (187) : 33-152. DOI : 10.3917/med.187.0133.
- Faye M, Dieng SD. 2019. Plan d'aménagement et de gestion de l'aire marine protégée d'Abene. PROJET, 2020, p. 2023.
- Gueye 2016. Contribution à la connaissance de la diversité et la dynamique spatiotemporelle des cyanophytes et microalgues marines de la presqu'île du Cap Vert et de la petite Côte (Sénégal). Université Cheikh Anta Diop, Sénégal, p.232.
- Kruskal WH, Wallis AW. 1952. Utilisation des rangs dans l'analyse de variance à un critère. *Journal of the American Statistical Association*, **47**(260) : 583-621. <https://www.jstor.org/stable/2280779>.
- Piélou EC. 1969. An introduction to Mathematical Ecology (Witley-Interscience ed.). *New York: Witley-Interscience*.
- Paulmier G. 1994. Les Dinophycées pélagiques et benthiques du Golfe de Gascogne sud de la Bretagne à Arcachon. *Société des Sciences Naturelles de la Charente-Maritime*, **8**(3): 289-357. DOI: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00260/37097/>.
- Rampao. 2010. Evaluation de l'efficacité de la gestion des aires marines protégées du RAMP AO, Dakar. p.84.
- Shannon CE. 1963. A mathematical theory of communication. *Bull. Syst. Tech. J.*, **27**: 379- 428.
- Shapiro Samuel Sanford et Wilk Martin B. 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, **52**(3/4) : 591-611. <https://www.jstor.org/stable/2333709>
- Utermohl HZVD. 1958. Quantitativen phytoplankton-methodik. *Mitteilungen Internationale Vereinigung Theoretische und Angewandte Limnologie*, **9**: 38.