

Article de Recherche

# Composition et dynamique spatio-saisonnière du zooplancton des estuaires de deux fleuves guinéens (Préfecture de Forécariah, Afrique de l'Ouest)

HADJA RAMATOULAYE SYLLA<sup>1\*</sup>, MAMADOUBA CAMARA<sup>2</sup>, SÉKOU BALTA CAMARA<sup>3</sup> & ABDOULAYE IBRAHIMA CAMARA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Université Gamal Abdel Nasser de Conakry (UGANC), Conakry, République de Guinée.

<sup>2</sup> Centre d'Etudes et de Recherches sur les Petits Animaux (CERPA), Coyah, Sous-Préfecture de Wonkifong, République de Guinée.

<sup>3</sup> Centre National des Sciences Halieutiques de Boussoura (CNSHB), Conakry, République de Guinée.

<sup>4</sup> Centre de Recherche Marine et Côtière de Guinée (CEREMAC-G), Conakry, République de Guinée.

\* Autrice pour correspondance : [hrylla22@yahoo.fr](mailto:hrylla22@yahoo.fr), +224 622 22 37 98

Received: 16 Aug 2024. Reviewed: 08 Oct 2024. Revised: 04 Dec 2024. Accepted: 09 Dec 2024. Published: 22 Dec 2024.

## RÉSUMÉ

La Mellacorée et le Forécariah sont des fleuves côtiers du sud-ouest de la République de Guinée (Afrique de l'Ouest) garnis de zones estuariennes très vastes. Ces estuaires comprenant parmi les écosystèmes les plus productifs, nombre d'entre eux étant menacés par les activités anthropiques. Le zooplancton constitue un outil sensible pour surveiller les changements environnementaux dans les eaux continentales et marines ; cependant, l'information disponible sur les communautés de zooplancton n'est pas suffisante pour optimiser leur gestion rationnelle. Les relations entre la distribution du zooplancton et les facteurs environnementaux ont été étudiées dans les deux estuaires (Mellacorée et Forécariah) soumises à différents niveaux de pression humaine pour tester si les propriétés indicatrices des assemblages de zooplancton peuvent être utilisées pour surveiller la qualité de l'eau, dans un contexte d'eutrophisation attendue provoquée par des activités minières croissantes. Vingt (20) stations ont été échantillonnées mensuellement de septembre en novembre 2019 et de juin en août 2020, période correspondant à la saison pluvieuse. La communauté était composée de 23 taxons dans l'estuaire de Mellacorée et de 25 taxons dans l'estuaire de Forécariah, dont des copépodes, des cladocères et autres. Les copépodes constituent le groupe le plus abondant et représentent 80,05% au niveau de la Mellacorée et 79,81% pour Forécariah. Les principales espèces de zooplancton étaient : *Calanus minor*, *Nannocalanus minor*, *Calanus gracilus*, *Calanus helgolandicus*, *Eucalanus minor*, *Eucalanus elongatus*, *Eucalanus pileatus*, *Calocalanus pavo*, *Paracalanus parvu*, *Paracalanus scotti*, *Paracalanus aculeatus*, *Oithona nana*, *Xanthocalanus greeni*, *Daphnia pulex*, *Daphnia sp*, *Afrocyclus sp*, *Penilia avirostis*, *Lucifer faxoni*, *Lucifer sp*, *Sagitta hispida*, *Sagitta minima* et *Sagitta frederici*. La plus forte abondance du zooplancton à Forécariah (12398,68 ind/m<sup>3</sup>) a été enregistrée pour une biomasse de 499,795mg/m<sup>3</sup>. Pour Mellacorée, c'était 6579,331 ind/m<sup>3</sup> avec une biomasse de 428,359mg/m<sup>3</sup>. Les variables qui influencent la diversité taxonomique et l'abondance sont : le potentiel d'hydrogène, la salinité et la température. Nos résultats montrent que ces estuaires doivent être gérés pour assurer un approvisionnement suffisant en eau douce qui contrôle la production primaire. Bien que les deux estuaires proviennent de la même région biogéographique avec une fonction similaire dominée par les fleuves, la forte variabilité de leurs communautés zooplanctoniques pourrait s'expliquer par une qualité de l'eau différente en raison d'une pression humaine différente dans leurs bassins versants.

**Mots clés :** Variations spatio-saisonnières, Abondance, Zooplancton, Estuaires.

## ABSTRACT

Mellacorée and Forécariah are coastal rivers in the southwest of the Republic of Guinea (West Africa) with very large estuarine areas, these estuaries comprising some of the most productive ecosystems, many of them threatened by anthropogenic activities. Zooplankton constitutes a sensitive tool for monitoring environmental changes in continental and marine waters. However, the information available on zooplankton communities is not sufficient to optimize their rational management. The relationships between zooplankton distribution and environmental factors were studied in the two estuaries (Mellacorée and Forécariah) subjected to different levels of human pressure to test whether the indicator properties of zooplankton assemblages can be used to monitor water quality, in a context of expected eutrophication caused by increasing mining activities. Twenty (20) stations were sampled monthly from September to November 2019 and from June to August 2020, a period corresponding to the rainy season. The community was composed of 23 taxa in the Mellacorée estuary and 25 taxa in the Forécariah estuary, including copepods, cladocerans and others. Copepods are the most abundant group and represent 80.05% at the Mellacorée level and 79.81% for Forécariah. The main zooplankton species were: *Calanus minor*, *Nannocalanus minor*, *Calanus gracilus*, *Calanus helgolandicus*, *Eucalanus minor*, *Eucalanus elongatus*, *Eucalanus pileatus*, *Calocalanus pavo*, *Paracalanus parvu*, *Paracalanus scotti*, *Paracalanus aculeatus*, *Oithona nana*, *Xanthocalanus greeni*, *Daphnia pulex*, *Daphnia sp*, *Afrocyclus sp*, *Penilia avirostis*, *Lucifer faxoni*, *Lucifer sp*, *Sagitta hispida*, *Sagitta minima*, and *Sagitta frederici*. The

highest abundance of zooplankton in Forécariah (12,398.68 ind/m<sup>3</sup>) was recorded for a biomass of 499.795 mg/m<sup>3</sup>; for Mellacorea it was 6579.331 ind/m<sup>3</sup> with a biomass of 428.359mg/m<sup>3</sup>. The variables influencing taxonomic diversity and abundance were: hydrogen potential, salinity and temperature, respectively. Our results show that these estuaries must be managed to ensure an adequate supply of freshwater that controls primary production. Although both estuaries come from the same biogeographic region with a similar function dominated by rivers, the high variability of their zooplankton communities could be explained by a different water quality due to a different human pressure in their watersheds.

**Keywords :** Spatio-seasonal variations, Abundance, Zooplankton, Estuaries.

## 1. INTRODUCTION

À ce jour, nous observons une absence flagrante de recherches axées sur le zooplancton dans les systèmes fluviaux Mellacorée et Forécariah. Cependant, de nombreux articles scientifiques portant sur le zooplancton dans les écosystèmes d'eau douce et estuariens de Guinée, ainsi que sur d'autres environnements marins, ont été publiés : Khlistova M.L. et Kéita A., 1985 ; Khlistova M.L. et Keita A., 1988 ; Camara M., 2016 ; Guissé A., 2019 ; Camara S. B., 2019.

Ces réseaux fluviaux représentent un environnement nettement spécialisé, caractérisé à certains endroits par de vastes bras de mer et des formations estuariennes uniques. La présente enquête est particulièrement opportune, car les conditions environnementales sont de plus en plus critiques, exacerbées par la prolifération des entreprises minières qui sont généralement associées à la pollution des systèmes aquatiques, et en particulier des environnements fluviaux.

À l'échelle mondiale, l'intégrité écologique de nombreux estuaires s'est nettement dégradée en raison de l'extraction d'eau anthropique excessive, des pratiques agricoles et des rejets industriels (Quinton et Catt, 2007 ; Zhang et al., 2012 ; Zhang et al., 2012 ; Wang et al., 2014 ; Liu et al., 2015). En Afrique, divers estuaires situés le long de la côte nord de la province du KwaZulu-Natal (KZN), en Afrique du Sud, subissent des impacts négatifs tels qu'une diminution du débit d'eau, une détérioration de la qualité de l'eau et des modifications des habitats, toutes résultant de niveaux disparates de stress anthropique (King et Pienaar, 2011). L'estuaire de l'UmVoti a été identifié comme un écosystème contaminé (O'Brien et al., 2009). Dans la lagune de Nokoué au Bénin, Chaigneau et al. 2023, ont mentionnés le changement de la structure des communautés de zooplancton avec les variations de salinité, montrant une grande diversité pendant les périodes de faible salinité dominée par les rotifères, tandis que les conditions saumâtres entraînent une diminution de la diversité et de l'abondance, en mettant en évidence l'influence des facteurs environnementaux sur la dynamique du zooplancton.

Les estuaires constituent des lieux de reproduction essentiels pour une multitude d'organismes marins (Vasconcelos et al., 2010). La composition des communautés zooplanctoniques dans les environnements estuariens présente une variabilité spatiale, attribuable aux conditions très dynamiques rencontrées par les organismes habitant ces écosystèmes, notamment aux fluctuations de salinité et aux variations de température de l'eau (Allen et al., 2008 ; Barros et al., 2015). Le zooplancton joue un rôle central dans le transfert d'énergie des producteurs primaires vers les niveaux trophiques élevés (Degerman et al., 2018). De plus, le zooplancton est reconnu comme un indicateur fiable de la biodiversité en raison de sa sensibilité accrue aux fluctuations environnementales (Gorokhova et al., 2016). Les communautés zooplanctoniques résidant dans les estuaires ouverts en permanence (POE) en Afrique du Sud sont principalement composées de copépodes et de mysidacés, les copépodes représentant une part importante de l'abondance globale (Wooldridge, 1999). Compte tenu de sa richesse en nutriments provenant du ruissellement terrestre, l'apport fluvial est l'un des principaux facteurs influençant la structuration des assemblages de zooplancton estuarien (Venkataramana et al., 2017).

Les estuaires sont des écosystèmes intrinsèquement soumis à des contraintes extrêmement variables, présentant des fluctuations importantes de leurs caractéristiques environnementales. Les variations des paramètres physicochimiques selon les dimensions spatiales et temporelles exercent fréquemment une influence sur les communautés biotiques habitant ces écosystèmes hétérogènes (McLusky et Elliott, 2004) et renforcent par la suite la capacité de ces organismes à atteindre des populations stables en s'adaptant aux modifications environnementales (Elliott et Quintino, 2007). Les fluctuations temporelles et les altérations de la communauté biotique à différentes échelles temporelles ont fréquemment été utilisées comme indicateurs pour évaluer la stabilité des écosystèmes aquatiques. La capacité des organismes à s'adapter aux environnements estuariens qui présentent une variabilité saisonnière, provoquée par les précipitations et les régimes de ruissellement liés à la mousson, et, par conséquent, leurs interactions biotiques et abiotiques, facilitent la formation d'assemblages communautaires distinctifs (Cadotte et al. 2013).

Les rivières, en tant que zones convergentes d'eaux intérieures et marines, représentent certains des écosystèmes les plus dynamiques et les plus productifs du monde (Mitsch & Gosselink, 1993), en raison de caractéristiques intrinsèques telles que de faibles profondeurs et un afflux continu de matières dissoutes et de particules, ainsi que de dynamiques internes qui produisent de l'énergie externe. Actuellement, ces environnements sont reconnus comme étant parmi les plus gravement touchés par les activités anthropiques, notamment l'élimination des déchets domestiques, industriels et agricoles, les pratiques de pêche et l'aquaculture impliquant des poissons, des crabes et des crevettes (Pastoma, 1994). Les activités illicites associées aux procédés de raffinage ont des effets néfastes à la fois sur les populations de zooplancton et sur la faune benthique. Une surveillance systématique est indispensable pour évaluer l'étendue de la contamination des systèmes aquatiques (Chris et al. 2022). Certaines de ces activités peuvent accélérer les processus naturels d'eutrophisation et précipiter des crises dystrophiques dues à l'appauvrissement en oxygène (Bartoli et al., 2001), entraînant des mortalités au sein des communautés benthiques et de poissons, entraînant parfois une dégradation irréversible de ces écosystèmes. Par conséquent, ces écosystèmes hautement productifs mais vulnérables nécessitent une protection robuste et une gestion judicieuse pour garantir la continuité de leurs fonctions écologiques et socio-économiques.

Dans la présente étude, notre objectif était de fournir une analyse approfondie de la structure et de la diversité des communautés de zooplancton, contribuant ainsi à la compréhension des écosystèmes estuariens des rivières Méllacorée et Forécariah, qui pourraient servir d'indicateurs pour surveiller la qualité de l'eau dans ces systèmes aquatiques. Nous avons examiné les variations saisonnières et spatiales du zooplancton dans les différentes stations d'échantillonnage situées le long des rivières, ainsi que les relations entre le zooplancton et les paramètres environnementaux. En résumé, nos recherches améliorent la compréhension des écosystèmes estuariens tropicaux et jettent les bases de stratégies de gestion durable applicables à des environnements côtiers analogues.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Présentation de la zone d'étude

Les fleuves Forécariah et Mellacorée sont des bassins côtiers situés dans la préfecture de Forécariah qui est une zone basse arrosée par de nombreux cours d'eau. La ville est située au sud-ouest de la République de Guinée, parfois appelée Guinée Conakry du nom de sa capitale. De par ses coordonnées géographiques, la préfecture est située à 9° 26' 05" nord et 13° 05' 07" ouest, son climat est très chaud tout au long de l'année. Au cours de l'année, la température varie généralement de 21 °C à 36 °C. Ils mesurent respectivement 103 (fleuve Forécariah) et 50 km (fleuve Mellacorée) avec une superficie de 2226 et 1049 km<sup>2</sup> (Sédibinet et al. 2003).

Ces fleuves prennent leur source dans les contreforts de Kindia et se jettent dans la baie de Tabounsou (figure 1). Forécariah est situé près d'une grande masse d'eau (océan, mer et fleuve), la température moyenne de l'eau connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année.

Sur le plan morpho-structural, les systèmes estuariens des sites sont générés par les mangroves qui se mettent en place dans une marge atlantique. Les éléments climatiques qui interviennent dans les zones de manière décisive dans les régimes d'écoulement liquides et solides des zones de mangroves sont les vents, les précipitations, les températures l'insolation et l'évapotranspiration. Dans ces milieux, la fréquence et la direction des vents sont liées à l'alternance des deux saisons (sèche et pluvieuse).

Pour le choix des sites d'échantillonnage, nous avons tenu compte du fait que cette zone côtière se connecte avec l'installation portuaire de Benty, de deux usines d'extraction de minerai dont l'une en activité (ASSAPORA) et l'autre en installation et la soumission aux pressions anthropiques (la coupe abusive des palétuviers, l'ensablement des lits des rivières, le recul du trait de côte). Les positions des stations ont été choisies en fonction de la salinité c'est-à-dire de l'amont vers l'aval en passant la médiane. Les échantillons ont été prélevés au niveau de 20 stations à raison de dix (10) par cour d'eau pendant la saison des pluies. (figure 1).

Pour Mellacorée : en amont (1 ; 2 ; 3), la médiane (4 ; 5 ; 6 ; 7) et en aval (8 ; 9 ; 10) ;

Pour Forécariah : en amont (11 ; 12 ; 13), la médiane (14 ; 15 ; 16 ; 17) et en aval (18 ; 19 ; 20).

Ils communiquent directement avec la mer par l'unique exutoire du complexe, le chenal de la baie de Tabounsou, qui reçoit les apports d'eau des fleuves.

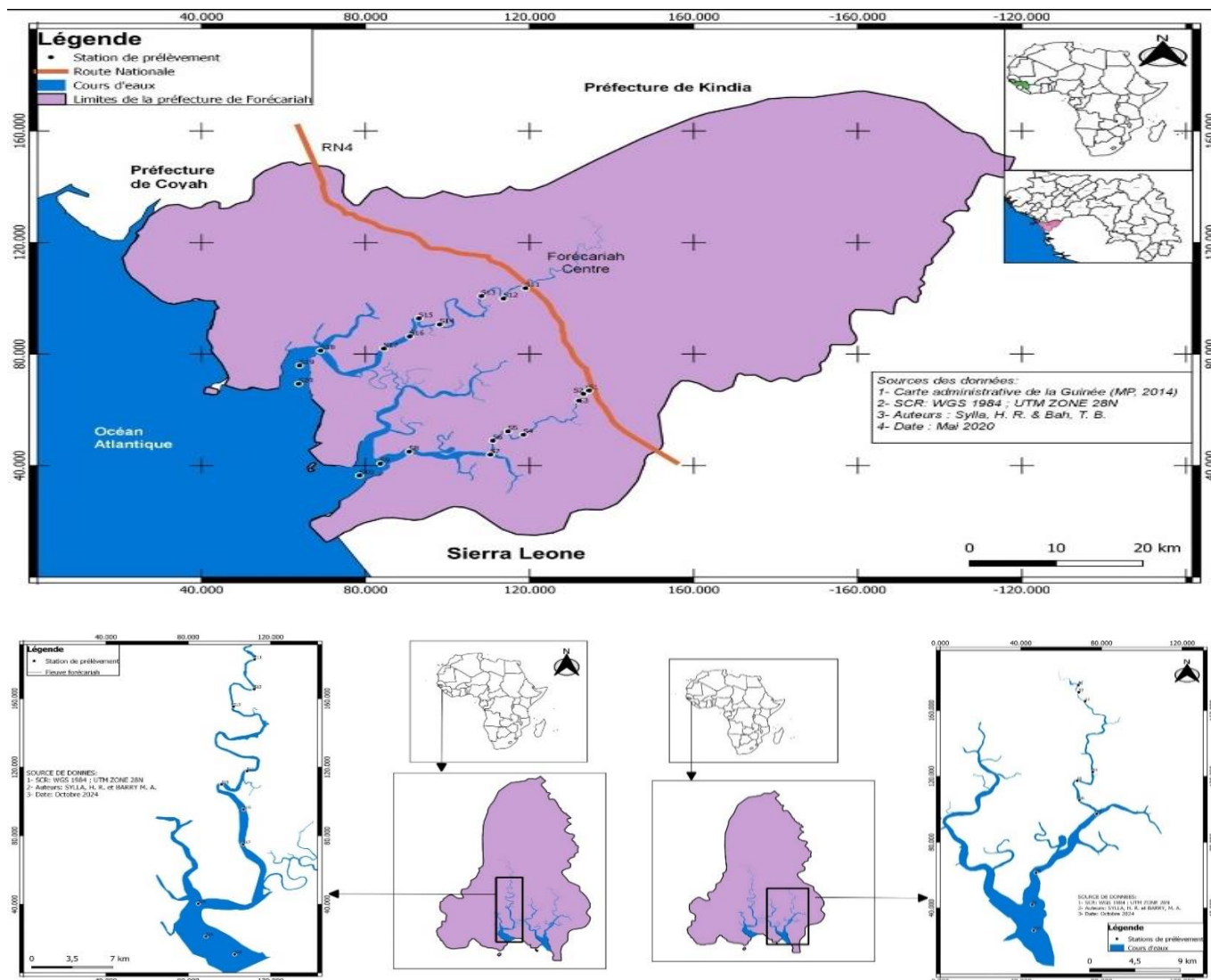


Figure 1 : Localisation des zones d'échantillonnages dans le fleuve de Méllacorée et Forécariah

## 2.2. Matériel

Divers équipements allant du filet à plancton HENSEN de forme cylindro-conique (70 cm diamètre de l'ouverture, 55 microns de maille) pour la collecte de zooplancton, d'autres outils et matériels (microscope binoculaire, appareil multi paramètre portable (waterproof) étanche de type H19829, du disque de Secchi) ont été développés sur le terrain pour l'observation des échantillons, la détermination des paramètres physico-chimiques et de la transparence de l'eau.

## 2.3. Méthodologie des prélèvements

Le zooplancton a été collecté mensuellement de septembre à novembre 2019 et de juin à août 2020, dans 20 stations. Les échantillons de zooplancton ont été prélevés de façon classique en fonction de la profondeur de la zone (4,5 à 8 m) d'étude du fond vers la surface à l'aide du filet à plancton, puis condensés et fixés au formol 4% pour analyse au laboratoire. Une couverture de toutes les stations a été effectuée afin d'étudier la répartition du zooplancton dans ces milieux. Les traits sont réalisés en mettant la vitesse de la barque au ralenti, où on déroule le filet de façon verticale jusqu'au près du fond et pendant trois minutes avant la remonté.

Les organismes zooplanctoniques ont été énumérés au moyen de la cellule de Bogorov et identifiés à l'aide des manuels de planctologie Trégoubouff & Rose (1958), Wiafe & Frid (2001). Les taxons ont été identifiés et comptés à la loupe binoculaire, les tableaux de Shmélova (1965) et de Sajina (1986) ont servi à la détermination de la biomasse selon le poids moyen individuel des organismes. La densité du zooplancton a été calculée à partir de la moyenne arithmétique du nombre d'individus observés dans une portion de 100ml, puis rapporté au volume total de l'échantillon à analyser. Les données sont exprimées en nombre d'individu par unité de volume. La biomasse a

été calculée à partir des formules : ( $W=1/6\pi LT^2+1/4 \pi lt^2$ ) où L et T représentent respectivement la longueur et la largeur du corps antérieur, l et t sont la longueur et la largeur du corps postérieur pour les Calanoïdes et  $W=1/4 \pi LT+1/12 \pi l (T^2+Tt+t^2)$  pour les Harpacticoides et rapportée à travers les tableaux de (Shmelova,1965) et (Sajina,1986).

Les variables physico-chimiques (salinité, température, turbidité, pH et oxygène dissous) ont été mesurées en surface, à l'aide d'un appareil multi paramètre portatif (waterproof) étanche de type H19829 qui surveille ces différents paramètres à travers une sonde multi-capteurs basée sur le microprocesseur. Ainsi, après calibrage avec la solution standard, les électrodes ont été rincées avec de l'eau distillée et essuyées à l'aide du papier buvard avant son utilisation. La transparence a été mesurée à l'aide d'un disque de Secchi muni d'une corde graduée par mètre de longueur.

## 2.4. Analyse des données

Le tableur Microsoft Office Excel 2013 a été utilisé pour effectuer les divers calculs. La diversité taxonomique, la fréquence d'occurrence ainsi que les indices de Shannon ont été utilisés pour élucider la composition et la dynamique des populations de zooplancton. L'analyse de l'ACP à travers le logiciel SPSS Statistics 26 a été utilisée pour établir des associations entre les variables environnementales, la densité et la biomasse de zooplancton.

Sur le plan quantitatif, cela a été réalisé grâce à la relation entre le pourcentage d'occurrence telle que définie par Dajoz (2000) :

$$F = \frac{Si}{St} \times 100 , \text{ où } Si = \text{nombre d'échantillon } i; St = \text{nombre total des échantillons.}$$

La richesse spécifique qui exprime le nombre total d'espèces rencontrées dans une station donnée a été calculée en fonction du nombre d'individus dénombrés par station.

## 3. RÉSULTATS ET DISCUSSION

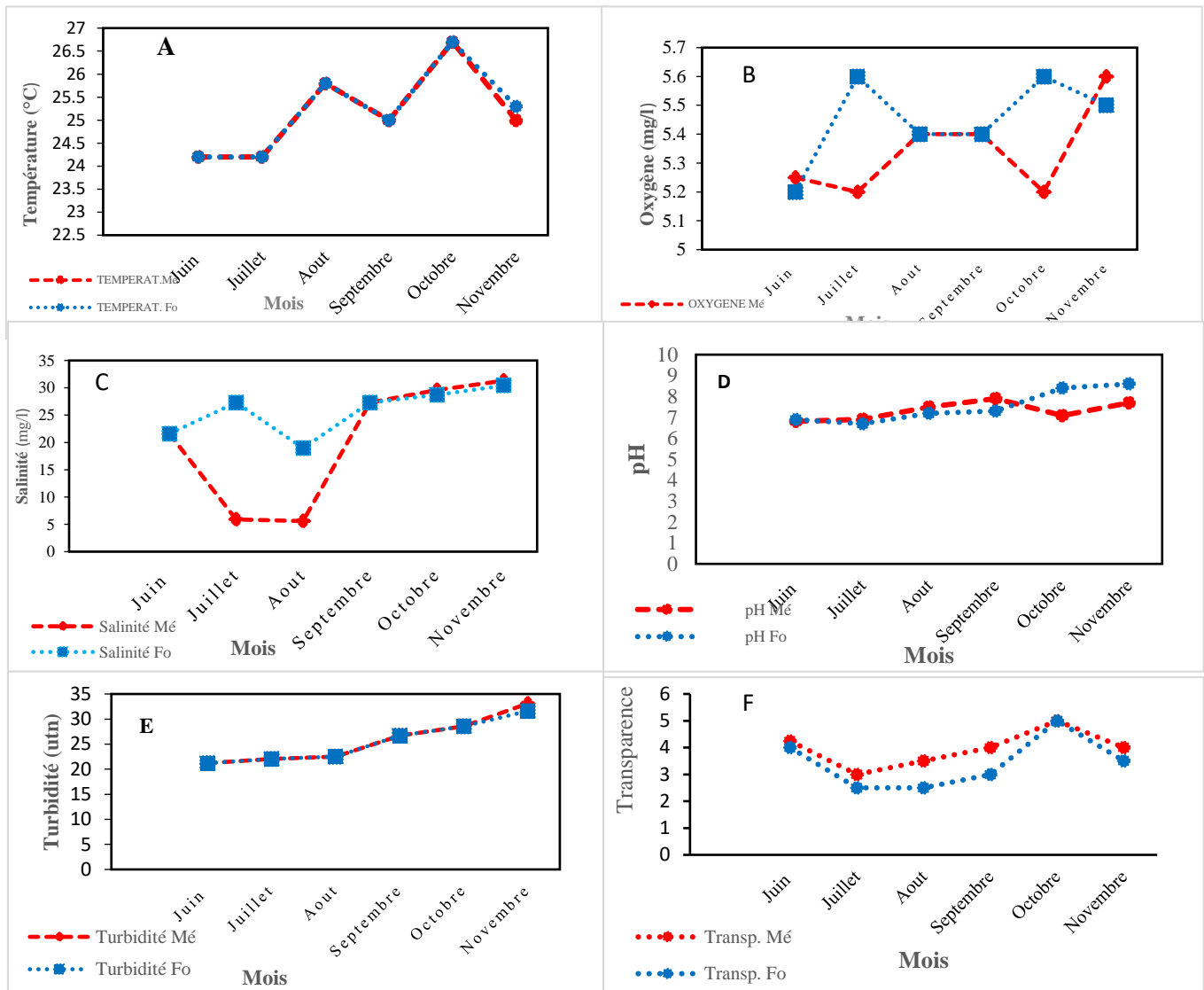
### 3.1. Caractéristiques des paramètres physico-chimiques des fleuves

La température a varié mensuellement entre 24 et 29°C dans les deux estuaires (Mellacorée et Forécariah) ; la salinité entre 5,6 et 31 mg/l ; l'oxygène entre 5,2 et 5,6 mg/l ; le potentiel d'hydrogène (pH) entre 6,8 et 7,9 ; la turbidité entre 21 et 33 utn et la transparence entre 2,5 à 5 (figures 2.A à 2.F). Dans les deux fleuves, les valeurs de température, de salinité, de pH, de turbidité et de transparence ont montré presque le même schéma. Leurs valeurs les plus élevées pendant la saison des pluies ont été enregistrées en général au cours des mois d'octobre et novembre.

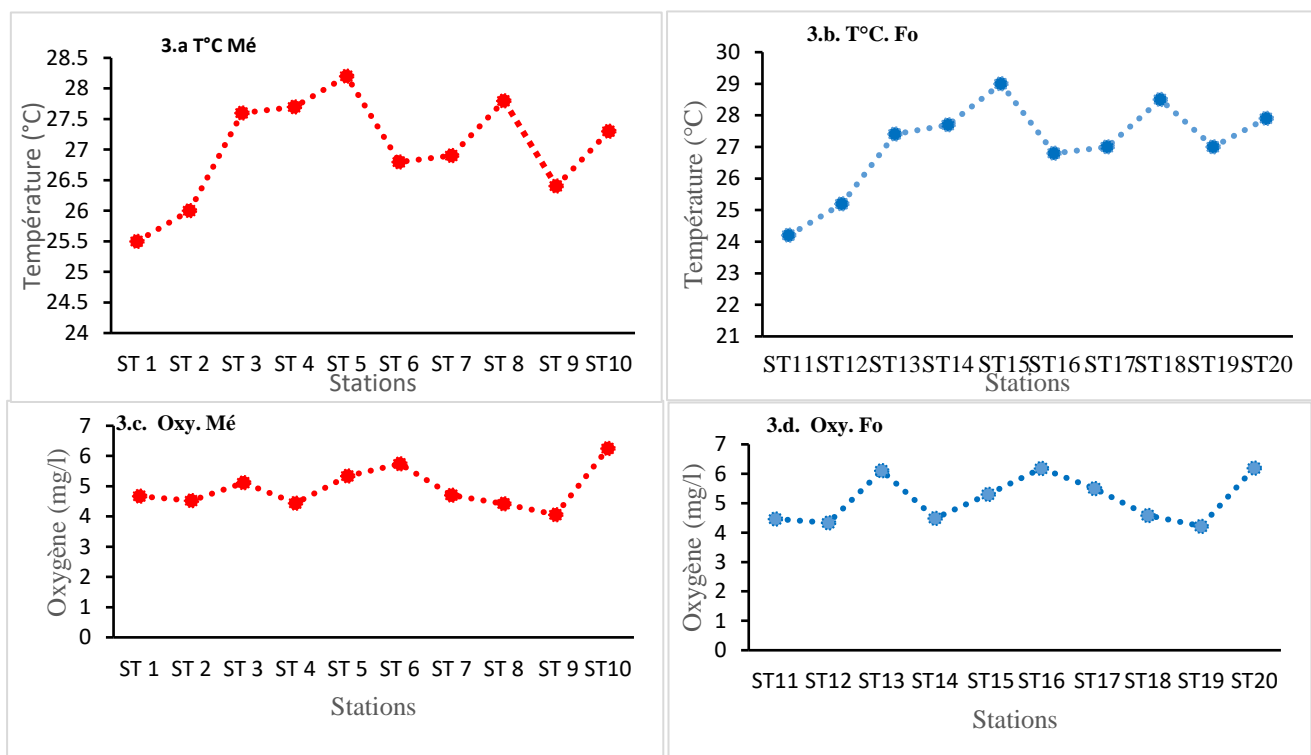
Dans les stations, la température a évolué entre 25,5 à 28,2 °C pour Mellacorée et entre 24,2 et 29°C pour Forécariah ; la salinité entre 3 et 46,7mg/l ; l'oxygène entre 4 et 6 mg/l ; la turbidité entre 4,1 et 38,4 pour Mellacorée et 15,35 à 40,2 pour Forécariah et la transparence entre 1,8 et 4,40 m (figure 3). Dans les estuaires du fleuve Mellacorée et Forécariah, les valeurs de la température les plus élevées ont été enregistrées dans les stations 5 et 15 et les plus faibles dans les stations 1 et 11.

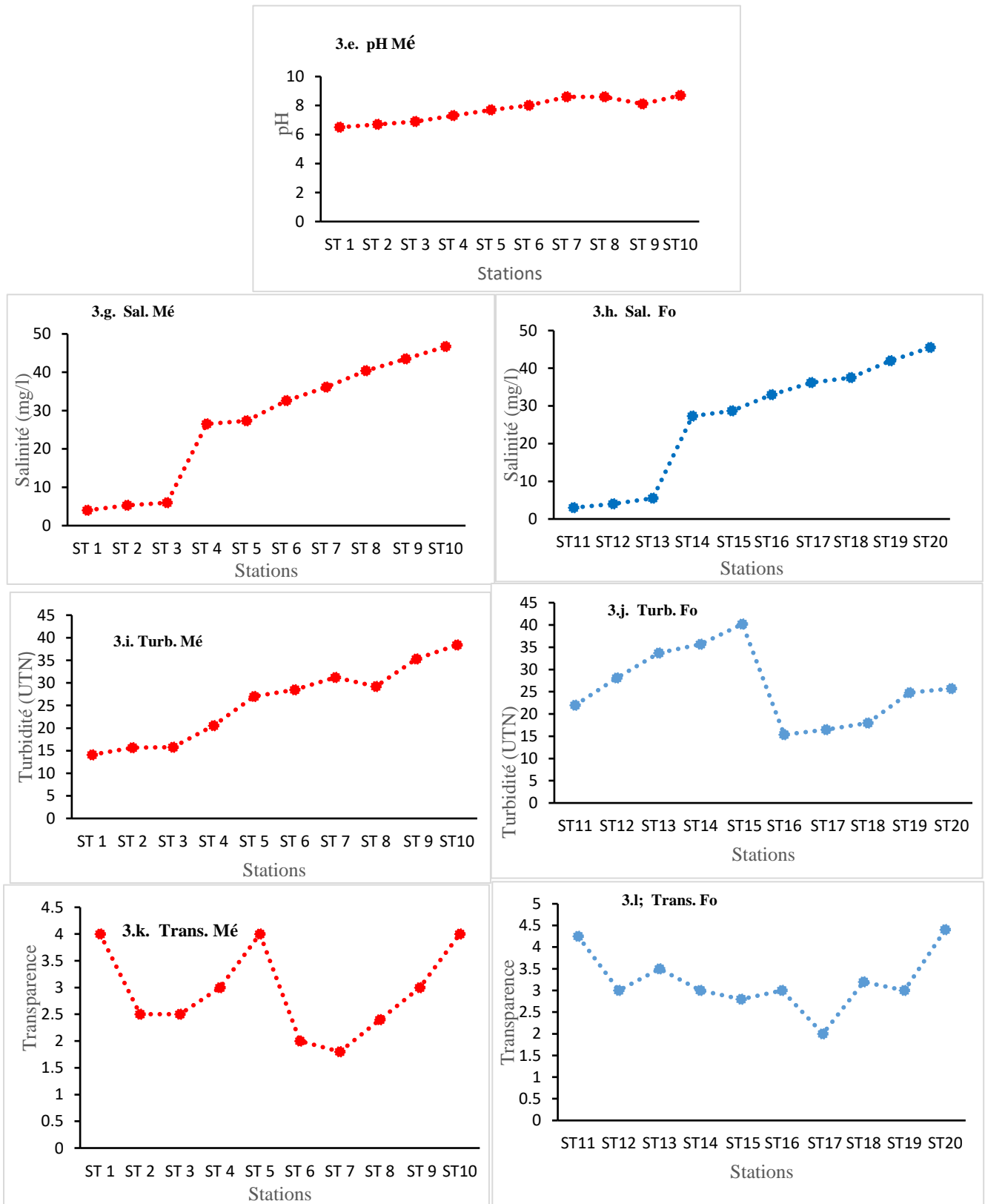
Pour l'oxygène dissous, de faibles valeurs ont été observées dans les stations 9 et 19 (4,06 et 4,22 mg/l) tandis que de fortes valeurs ont été enregistrées aux stations 10 et 20 (6,25 et 6,20 mg/l). La salinité quant à elle, a varié en fonction des apports fluviaux dans les stations qui favorisent le dessalement des eaux, dans les deux sites la salinité a évolué entre 4 et 46,7 mg/l (station 1 et 20). Les stations 1 ; 2 ; 3 ; 11 ; 12 et 13 ont présenté une salinité nulle à cause de la forte précipitation ou le volume d'eau douce dans les fleuves est très important. Ces stations étant situées en amont des cours d'eau ont toujours gardé cette neutralité saline durant toute la saison des pluies.

En général, la variation temporelle et spatiale a été significative. La turbidité et la transparence dans l'estuaire de Forécariah ont montré une tendance spatiale ou temporelle variée avec des valeurs allant de 22 à 25,7 utn, et 2 à 4,4 m pour la transparence (figure 2.e ; 2.f) (figure 3.k ; 3.l).



**Figure 2 :** Variations temporelles des variables environnementales au cours de la saison des pluies dans les deux estuaires (fleuve Médoc et fleuve Forécariah).





**Figure 3 :** Variations spatiales des variables environnementales au cours de la saison des pluies dans les deux estuaires (fleuve Mellacorée et fleuve Forécariah)

### 3.2. Composition, structure et abondance du zooplancton

Il ressort de l'analyse des données du peuplement zooplanctonique des estuaires des fleuves Mellacorée et Forécariah pendant la saison des pluies, une diversification des espèces d'une manière générale. L'échantillonnage a été réalisé de septembre 2019 à août 2020. Au total, 360 échantillons ont été analysés.

### 3.2.1. Analyse qualitative du peuplement

Vingt-cinq (25) espèces appartenant à douze (12) familles ont été déterminées dont 22 taxons au niveau de Mellacorée et 25 pour Forécariah. A cet effectif, s'ajoutent des larves de Nauplii de copépodes et de poisson (tableau 1).

**Tableau 1 :** Densité et fréquence des principales espèces de zooplancton rencontrées dans les estuaires des fleuves Méllacorée et Forécariah pendant la saison pluvieuse.

Groupes	Familles	Taxon	Mellacorée (ind/m <sup>3</sup> )	Forécariah (ind/m <sup>3</sup> )	Fréquences (%)
Copépodes	Calanidae	<i>Calanus minor</i> (Claus, 1863)	652,62	1182,637	11,56
		<i>Nannocalanus minor</i> (Claus, 1863)	380,329	831,641	5,25
		<i>Calanus gracilus</i> (Dana, 1849)	552,626	1142,716	12,19
		<i>Calanushelgolandicus</i> (Claus,1863)	575,042	1039,029	9,27
	Eucalanidae	<i>Eucalanus minor</i> (Claus, 1863)	409,235	851,239	7,52
		<i>Eucalanus elongatus</i> (Dana, 1849)	518,267	900,072	6,78
		<i>Eucalanuspileatus</i> (Giesbrecht,1892)	224,969	446,477	1,69
	Calocalanidae	<i>Calocalanus pavo</i> (Dana, 1849)	0	83,045	0,24
	Paracalanidae	<i>Paracalanus parvus</i> (Claus, 1863)	946,012	1356,48	25,93
		<i>Paracalanus scotti</i>	314,556	607,58	2,34
		<i>Paracalanus aculeatus</i>	24,935	242,688	0,53
	Oithonidae	<i>Oithona nana</i> (Giesbrecht, 1892)	220,684	484,428	1,69
	Phaenidae	<i>Xanthocalanusgreeni</i> (Farran, 1905)	198,964	303,076	1,04
Cyclopidae	<i>Afrocylops sp</i>	60,54	44,516	0,13	
	<i>Nauplii</i>	188,086	380,243	1,67	
Cladocères	Sididae	<i>Daphnia pulex</i>	207,98	146,757	0,45
		<i>Daphnia sp.</i>	25,971	25,971	0,05
		<i>Penilia avirostis</i>	202,111	349,751	1,88
Arthropodes	Mysidacea	<i>Lucifer faxoni</i> (Nobili, 1901)	362,658	795,722	5,04
		<i>Lucifer sp</i>	68,821	113,6	0,32
Autres	Chetognathe	<i>Sagitta hispida</i> (Conant, 1895)	354,276	722,186	3,37
		<i>Sagitta minima</i> (Grassi,1881)	15,241	25,971	0,05
		<i>Sagitta frederici</i>	0	155,389	0,45
		<i>Hydromeduse</i>	17, 171	18,935	0,05
	Euphausiacea	<i>Larves euphausiacea</i>	75,408	121,365	0,3
		Larves de poissons	0	27,166	0,07
<b>TOTAL</b>	<b>12</b>	<b>25</b>	<b>6579,331</b>	<b>12398,68</b>	



Parmi ces taxons on peut citer : *Calanus minor*, *Nannocalanus minor*, *Calanus gracilus*, *Calanus helgolandicus*, *Eucalanus minor*, *Eucalanus elongatus*, *Eucalanus pileatus*, *Calocalanus pavo*, *Paracalanus parvu*, *Paracalanus scotti*, *Paracalanus aculeatus*, *Oithona nana*, *Xanthocalanus greeni*, *Daphnia pulex*, *Daphnia sp*, *Afrocylops sp*, *Penilia avirostis*, *Lucifer faxoni*, *Lucifer sp*, *Sagitta hispida*, *Sagitta minima*, et *Sagitta frederici*.

Cette communauté zooplanctonique regorge 15 copépodes (78,82%) dont : 14 copépodes (79,84%) pour Mellacorée et 15 copépodes (79,81%) pour Forécariah, 3 cladocères avec (6,61%) au niveau de Mellacorée et (4,21%) pour Forécariah, les arthropodes (6,54%) à Mellacorée contre (7,33%) pour Forécariah et autres groupes (6,74%) au niveau de Mellacorée, avec (8,66%) pour Forécariah. Ces taxons sont repartis en quatre groupes : Copépodes, Cladocères, Arthropodes et autres. Selon leur origine, les taxons peuvent être regroupés en deux assemblées principales : eau douce et eau de mer. Les cladocères étaient rares (pourcentage total = 2,38%) (tableau 1). Les autres taxons zooplanctoniques les moins abondants sont des chetognathes (3,87%), les hydroméduses (0,05%), les larves d'Euphausiacea (0,3%) et les larves de poissons (0,07%).

La composition et l'abondance du zooplancton ont montré une forte variabilité temporelle et spatiale (figure 4). Dans les stations, les abondances les plus élevées ont été enregistrées au niveau de la station 5 (2288,74 ind/m<sup>3</sup>) et la faible densité a été trouvée dans la station 1 (217,975 ind/m<sup>3</sup>) du côté Mellacorée. Pour forécariah, la station 17 (5449,798 ind/m<sup>3</sup>) a présenté une densité supérieure en comparaison à la faible densité présenté par la station 11 avec 419,309 ind/m<sup>3</sup>.

Ainsi, à travers le pourcentage d'occurrence, parmi les espèces observées, nous remarquons une dominance de *Paracalanus parvus* (F=12,12 %), de *Calanus minor* (F= 9,66%), de *Calanus gracialis* (F=8,93%), de *Calanus helgolandicus* (F=8,50%) puis *Eucalanus minor* (F=6,64%). A ce niveau, nous pouvons considérer *Paracalanus parvus* (F= 12,12%) comme constants et *Calanus minor* (F = 9,68 %), *Calanus gracialis* (F= 8,93 %) comme des éléments accessoires qui résume donc la dynamique du peuplement zooplanctonique.

### 3.2.2. Analyse quantitative du peuplement zooplanctonique

Nous remarquons une abondance du peuplement zooplanctonique pendant la saison pluvieuse, au niveau du fleuve Forécariah avec une densité égale à 12398,682 ind/m<sup>3</sup> pour 6596,503 ind/m<sup>3</sup> au niveau du fleuve Mellacorée. Parmi le groupe dominant des Copépodes, *Paracalanus parvus* est l'espèce la plus abondante dans les deux estuaires respectivement : Forécariah (1356,48ind/m<sup>3</sup>) et Mellacorée (946,012ind/m<sup>3</sup>).

Par rapport à la variation mensuelle de la densité, les mois de juin (1193,664ind/m<sup>3</sup>) et août (1134,842ind/m<sup>3</sup>), ont connu un pic de la fluctuation saisonnière au niveau de Mellacorée. A Forécariah, le mois de septembre (2148,696ind/m<sup>3</sup>) a connu le sommet de cette variation suivi par le mois d'août (2135,906ind/m<sup>3</sup>) (voir figure 4). Cependant, le mois de novembre présente la plus faible densité tant pour Forécariah que Mellacorée.

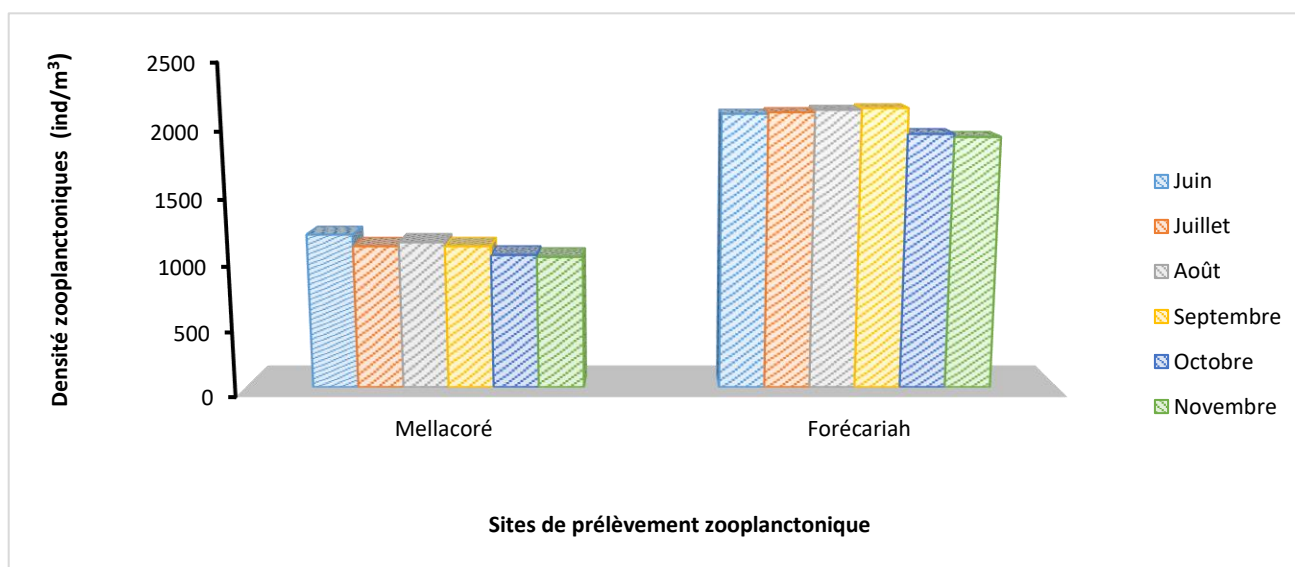


Figure 4 : Variation temporelle de la densité zooplanctonique pendant la saison pluvieuse dans les deux sites.

En ce qui concerne les données quantitatives (densité et biomasse) à Mellacorée, par phase de marée nous remarquons une réelle augmentation des valeurs moyennes de la densité, de la médiane (787,237ind./m<sup>3</sup>), de l'Aval (739,610ind./m<sup>3</sup>) et l'amont (671,986ind./m<sup>3</sup>). Avec la biomasse moyenne, qui a varié entre 32,301mg/m<sup>3</sup> (amont), 58,323mg/m<sup>3</sup> (aval) et 103,187mg/m<sup>3</sup> (médian). Pour Forécariah, l'analyse quantitative des échantillons a montré que la valeur maximale de la densité a été observée en Aval (2229,721ind/m<sup>3</sup>) et en période de haute marée. Dans l'ensemble des zones étudiées, les valeurs maximales de la densité s'observent en période de pleine mer, tandis que les minimales ont été retrouvées en phase de basse marée à Mellacorée (1944,343 ind./m<sup>3</sup>) et à la marée intermédiaire (3816,552ind./m<sup>3</sup>) à Forécariah (tableau 2). La biomasse aussi a varié par phase de marées, entre 449,001 mg/m<sup>3</sup> (Haute marée) à 145,359 mg/m<sup>3</sup> (Basse marée) pour une valeur moyenne allant de 193,811 mg/m<sup>3</sup> à 376,998 mg/m<sup>3</sup> (tableau 3).

**Tableau 2:** Valeurs moyennes de la densité (ind./m<sup>3</sup>) du zooplancton par phases de marée dans les estuaires de Mellacorée et Forécariah.

Stations	Mellacorée : Densité (ind./m <sup>3</sup> )				Forécariah : Densité (ind./m <sup>3</sup> )			
	H.M	M.I	B.M	D.M	H.M	M.I	B.M	D.M
Amont	773,663	641,327	600,968	671,986	658,201	505,131	612,28	591,87
Médian	855,101	783,845	722,767	787,237	1617,441	2275,642	1418,45	1770,511
Aval	936,538	661,686	620,608	739,610	2229,721	1035,779	2046,037	1770,512
TOTAL	2565,302	2086,858	1944,343	2198,833	4505,363	3816,552	4076,767	4132,894

H.M = Haute marée ; M.I= Marée intermédiaire; B.M = Basse marée; D.M = Densité moyenne ;

**Tableau 3 :** Valeurs moyennes de la biomasse (mg/m<sup>3</sup>) du zooplancton par différentes phases de marée dans les estuaires de Mellacorée et Forécariah.

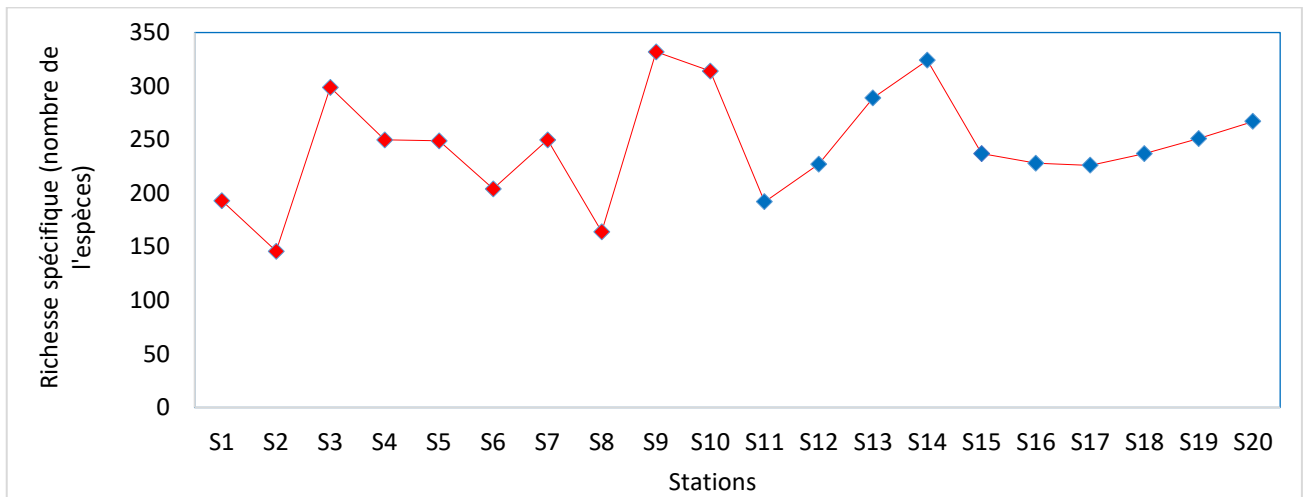
Stations	Mellacorée : Biomasse (mg./m <sup>3</sup> )				Forécariah : Biomasse (mg./m <sup>3</sup> )			
	H.M	M.I	B.M	B.m	H.M	M.I	B.M	B.m
Amont	29,608	34,993	32,302	32,301	89,012	62,832	73,304	75,049
Médian	123,825	110,366	75,372	103,187	120,428	151,844	99,484	123,918
Aval	88,832	48,453	37,685	58,323	239,561	109,956	184,577	178,031
TOTAL	242,265	193,812	145,359	193,811	449,001	324,632	357,365	376,998

H.M = Haute marée ; M.I= Marée intermédiaire; B.M = Basse marée; B.m = Biomasse moyenne

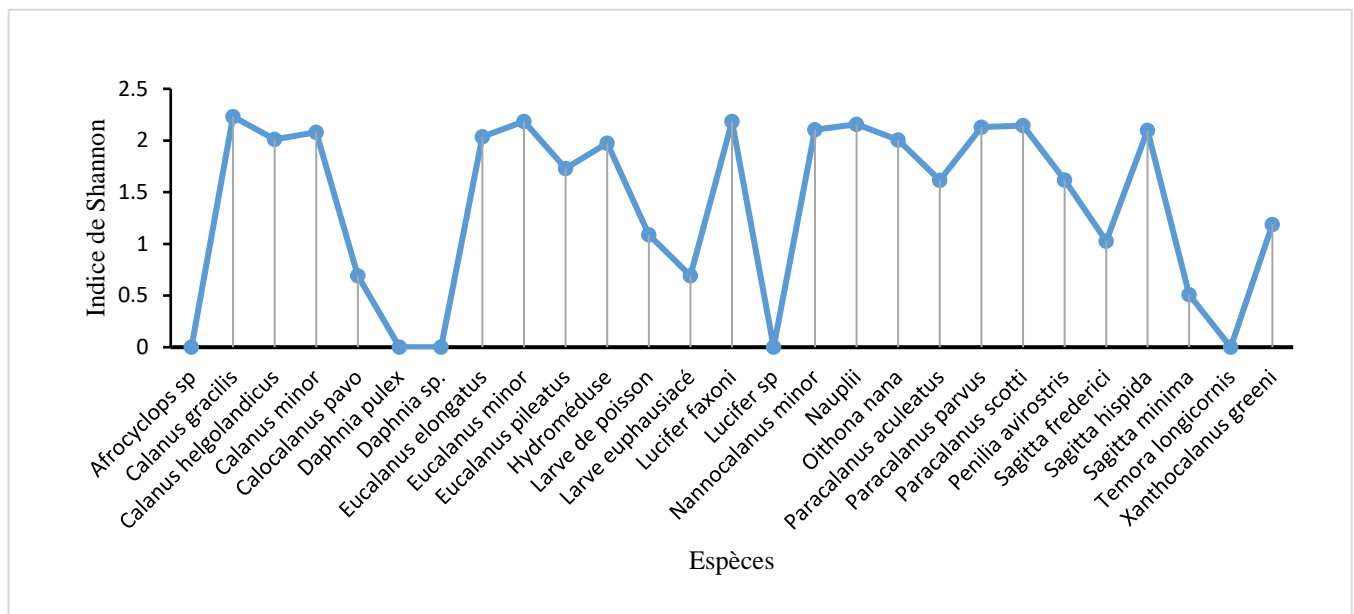
### 3.2.3. Richesse spécifique

La richesse spécifique a évolué entre 146 (Station 2) et 332 (Station 9) à Mellacorée en points rouge et du côté Forécariah avec points bleue elle a évolué de 192 (station 11) à 324 (station 14) Voir Figure 5. L'estuaire de Mellacorée est caractérisé par une dominance numérique des Calanidae (32,75%) suivi par les Paracalanidae (19,48%), les Eucalanidae (17,47%). Les Calocalanidae et larves de poissons sont absents plus le taxon *Sagitta frederici* à cette période d'échantillonnage.

**Indice de Shannon :** Il nous a permis de mesurer la diversité spécifique. A ce niveau, nous avons remarqué que plus l'indice est élevé, plus la diversité est considérable ; de plus, le niveau de structure du peuplement zooplanctonique établi ce qui se vérifie au niveau de l'abondance de la structure du peuplement zooplanctonique. Pendant la saison des pluies l'analyse de l'indice de Shannon a présenté des espèces (*Calanus gracilis*, *Calanus minor*, *Eucalanus minor*, *Lucifer faxoni*, *Paracalanus parvu*, *Paracalanus scotti*, *Nannocalanus minor*, *Sagitta hispida*, *Penillia avirostri*) qui révèlent des nombres importants au cours des échantillonnages (figure 6).



**Figure 5.** Evolution de la Richesse spécifique du zooplancton dans l'estuaire de Mellacorée et Forécariah pendant la saison des pluies (2019-2020).



**Figure 6 :** Evolution de l'indice de Shannon pendant la saison des pluies

### 3.3. Corrélation entre le zooplancton et les variables environnementales

Les résultats de l'analyse de l'ACP révèlent que la corrélation entre les facteurs environnementaux et les facteurs biotiques (densité et biomasse) du zooplancton est principalement expliquée par les deux premiers axes.

La variance totale présente deux dimensions  $X_1$  et  $X_2$ , d'où la variance 1 présente 56,81% d'information et l'axe 2 (18,83%). Du côté de l'axe  $X_1$ , qualitativement le pH, la salinité et température sont les variables influençant fortement la distribution des organismes zooplanctoniques dans les deux fleuves (figure 7). Sur l'axe 2, une séparation nette dans le fleuve Mellacorée (station 1et 2) qui présente une transparence moins qui influence très peu par rapport aux organismes zooplanctoniques, qui fait les mêmes images pour les stations 11 et 12 au niveau du fleuve Forécariah (Figure 8) d'où il y a une rareté d'organismes du zooplancton échantillonnés et sont moins corrélés pendant la saison des pluies.

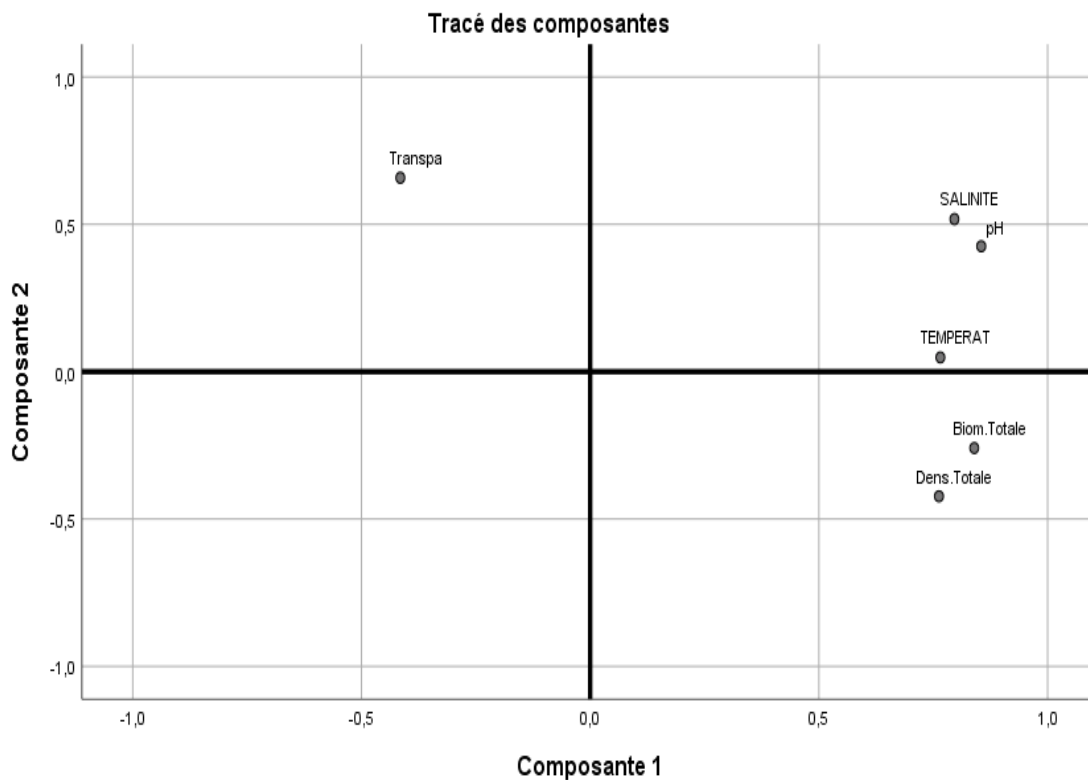


Figure 7 : Analyse de l'ACP des principaux paramètres environnementaux des fleuves Méllacorée et Forécariah en fonction des variables biotiques (densité et biomasse du zooplancton).

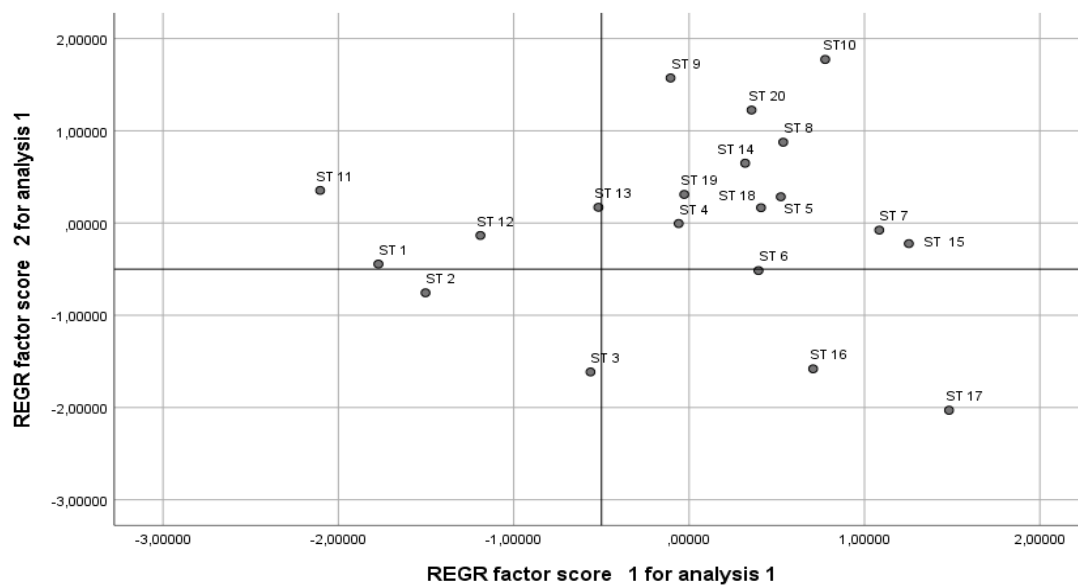


Figure 8 : Analyse de l'ACP par rapport à la distribution des différentes stations des fleuves Méllacorée et Forécariah en fonction des principaux paramètres environnementaux.

### 3.4. Discussion

Des assemblages de zooplancton aquatique trouvés dans des écosystèmes marins et d'eau douce, similaires à ceux documentés dans les rivières Mellacorée et Forécariah, ont également été signalés dans d'autres habitats saumâtres et marins, notamment dans la lagune de Grand-Lahou située en Côte d'Ivoire (Raphaël N'doua Etilé et *al.* 2008).

La distribution spatiale et l'abondance numérique des organismes zooplanctoniques dans les écosystèmes aquatiques sont influencées par les propriétés physicochimiques des plans d'eau respectifs. Les paramètres acquis lors de cette étude indiquent que les conditions environnementales sont propices à la prolifération du zooplancton dans les milieux aquatiques des rivières Mellacorée et Forécariah. Les valeurs de température saisonnières moyennes (25,15 et 25,20 °C) enregistrées dans ces écosystèmes correspondent à celles documentées (23 à 25 °C) par T. A. Soro et *al.* (2019) dans le bassin du Haut-Bandama, en Côte d'Ivoire, ainsi qu'à celles rapportées par Hugues Aguin Elegbeduring et *al.* (2016) pendant la saison des pluies. La plage de variations observée correspond étroitement aux mesures effectuées par Aboua (2012). Les niveaux d'oxygène dissous, les concentrations de salinité et l'activité des ions hydrogène présentent des valeurs moyennes considérées comme normales pendant la saison des pluies, avec toutefois de légères fluctuations du pH à certains endroits qui ont tendance à présenter un environnement plus alcalin. L'élévation de ces paramètres pendant la saison des pluies peut être attribuée principalement à la vitesse du débit de l'eau et à la reconstitution des plans d'eau qui se produit pendant cette saison (Mergaoui et *al.*, 2003). En outre, ces valeurs peuvent également être expliquées par l'afflux d'eaux de ruissellement riches en nutriments provenant des champs agricoles et des agglomérations adjacentes. Ces résultats sont cohérents avec les résultats présentés par Arfi et *al.* (2007) dans de petites retenues situées dans le nord de la Côte d'Ivoire. Pendant la saison des pluies, la transparence de l'eau reste dans des limites relativement normales, ce qui peut être attribué à l'accumulation de débris organiques biodégradables prévalant pendant cette période (Fekhaoui, 2005).

Un total cumulé de 25 taxons a été délimités dans les écosystèmes aquatiques de la préfecture de Forécariah, en particulier dans les rivières Mellacorée et Forécariah situées en République de Guinée, comme l'a révélé la présente enquête. Cette diversité taxonomique observée ressemble à celle documentée dans les environnements lacustres et de barrages, tels que le lac Azili au Bénin (36 taxons), les réservoirs agropastoraux du nord de la Côte d'Ivoire (30 taxons) et les bassins versants de Bongouanou en Côte d'Ivoire à Sokotè (25 taxons). Les écarts observés en matière de diversité taxonomique peuvent être attribuables à une multitude de facteurs, notamment (i) les propriétés physicochimiques du milieu aquatique, (ii) le type spécifique de filet utilisé pour le processus d'échantillonnage, (iii) l'étendue spatiale des hydrosystèmes (2 226 km<sup>2</sup> pour Forécariah et 1 049 km<sup>2</sup> pour Mellacorée) par rapport à d'autres hydrosystèmes allant de 200 à 92 000 hectares, ainsi que la taille des bassins de drainage.

Néanmoins, la diversité des taxons observée dans la présente enquête est comparativement inférieure aux chiffres rapportés par Binet (1993) dans le contexte de la Côte d'Ivoire et de l'Afrique de l'Ouest (Wiafe & Frid, 2001) dans les environnements marins côtiers et épicontinentaux de l'Atlantique. Les caractéristiques de cet écosystème estuarien peu profond peuvent être élucidées par les défis de navigation posés par les vastes systèmes estuariens, qui présentent des vitesses de débit d'eau significativement élevées, avec des profondeurs moyennes enregistrées à 6,05 m pour la rivière Méllacorée et à 6,97 m pour la rivière Forécariah.

Cette diversité taxonomique considérable est principalement constituée de copépodes. L'assemblage de zooplancton présentait une densité de 6596,503 individus par mètre cube pour Méllacorée et de 12 398,682 individus par mètre cube pour Forécariah. Cette densité saisonnière de zooplancton observée est à la hauteur des résultats documentés dans Tabounsou par M. CAMARA et *al.* (2016), qui ont enregistré une densité de 13079,012 individus par mètre cube pendant la saison des pluies, mettant en évidence la prévalence des copépodes. Dans le contexte de ces deux sites de recherche, le système logique présente des caractéristiques distinctes en amont (stations 1, 2 et 3) pour Méllacorée et (11, 12 et 13) pour Forécariah, qui peuvent influencer la richesse et l'abondance des organismes individuels.

#### 4. CONCLUSION

Ces recherches ont facilité l'établissement d'un premier inventaire des taxons de zooplancton présents dans les milieux estuariens des rivières Méllacorée et Forécariah. Plus précisément: -i- la documentation de 25 espèces distinctes de zooplancton, classées en douze familles, comprenant 22 taxons pour Méllacorée et 25 pour Forécariah, -ii- l'évaluation de la composition des communautés zooplanctoniques ainsi que de leurs variations spatio-temporelles, qui sont principalement influencées par les fluctuations du pH, de la salinité et de la température, qui sont toutes étroitement liées aux conditions climatiques et hydrologiques fréquent pendant la saison des pluies.

En fin de compte, il est évident que l'estuaire de Forécariah affiche une productivité importante du point de vue zooplanctonique, ce qui pourrait expliquer la concentration observée du flux de nutriments vers l'embouchure de l'estuaire.

De plus, les développements infrastructurels associés à diverses entreprises minières, à l'occupation de certaines zones et à d'autres activités anthropiques telles que la déforestation excessive des mangroves pourrait représenter des menaces potentielles pour cet écosystème.

Cette étude a permis de mieux comprendre les organismes zooplanctoniques qui peuplent ces deux estuaires. Il est toutefois impératif que ces données soient intégrées aux études sur le phytoplancton, d'autant plus que ce segment du littoral guinéen présente de plus en plus de signes de dégradation exacerbés par la prolifération des sociétés minières et la désorganisation des activités socio-économiques qui s'y déroulent.

**REMERCIEMENTS.** Les auteurs souhaitent exprimer leurs sincères remerciements au Ministère de l'Enseignement Supérieur de la Recherche Scientifique et Innovation (MESRSI) pour avoir financé la présente campagne scientifique de zooplancton, au personnel du Centre de Recherche Scientifique de Rogbanè (CERESCOR) pour leur assistance et au personnel du laboratoire d'Hydrobiologie du dit centre pour leur soutien utile. Les auteurs aimeraient remercier les autorités administratives de la Préfecture de Forécariah et de la Sous-préfecture de Konta, ainsi que toutes les personnes ayant aidé à la réalisation de l'étude, particulièrement Pr Ansoumane KEITA et Pr Tidiani KONE.

**CONFLIT D'INTÉRÊT :** les auteurs déclarent n'avoir pas de concurrents financiers, pas d'intérêts concurrents liés à ce travail, ni de conflits d'intérêts connus associés à cette publication.

**CONTRIBUTION DES AUTEURS :** tous les auteurs ont équitablement contribué à ce travail, comme réfectée par leur position dans la liste des auteurs.

## BIBLIOGRAPHIE

- Aka M, Pagano M, Saint-Jean L, Bouvy M, Cecchi P, Corbin D. 2007. Variation spatiale des communautés et de la biomasse du zooplancton dans 49 petits barrages (pp 143-151). In Cecchi P (Eds), *L'eau en partage- les petits barrages de Côte d'Ivoire*. Paris, IRD Edition, Collection Latitude. 23:295.
- Aboua B.R.D. 2012. Développement d'un indice d'intégrité biotique piscicole pour la préservation de la biodiversité du fleuve Bandama. *Thèse de Doctorat*, Université Félix Houphouët Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire, 227 p.
- Ahmed Guissé. 2019: Influence des paramètres abiotiques sur la distribution de la faune Ichtyoplanctonique des zones d'estuaires et de mangrove de la baie de sangaréah. *Thèse de Doctorat*. Ecole doctorale-CERESCOR, Conakry-Guinée, 155 p.
- Allen, D.M., Matthews, V.O., Buck, T., Smith, E.M. 2008. Mesozooplankton responses to climate change and variability in a Southeastern U.S. estuary (1982-2003). *J. Coast. Res.*, 55, 95-110.
- Arfi R., Bouvy M., Cecchi P., Pagano M., Saint-Jean L. & Thomas S. 2007. Facteurs limitant la productivité phytoplanctonique dans 49 petits barrages. In: *L'eau en partage: Les petits barrages de Côte d'Ivoire*. IRD, pp. 97-109.
- Bartoli, M., D. Nizzolo, P. Viaroli, E. Turolla, G. Castaldelli, E. A. Fano & R. Rossi. 2001. Impact of *Tapes philippiarum* farming on nutrient dynamics and benthic respiration in the Cacca di Goro. *Hydrobiologia*, 455: 203-212.
- Barros, V.R., Boninsegna, J.A., Camilloni, I.A., Chidiak, M., Magrin, G.O., Rusticucci, M. 2015. Climate change in Argentina: trends, projections, impacts and adaptations. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 486, 373-378.
- Binet, D., 1993. Zooplancton néritique de Cote d'Ivoire. In Le Loeuff, P., E. Marchal & J. B. Amon Kothias (eds), *Environnement et Ressources aquatiques de Cote d'Ivoire; I. Le milieu marin*. Editions de l'ORSTOM, Paris: 167-193.

- Camara Mamadouba et Keïta Ansoumane. 2016. Variations spatio-temporelles des principales Caractéristiques du zooplancton côtier de l'Afrique de l'ouest: cas de la baie de Tabounsou (Conakry, République de Guinée). *Thèse de Doctorat*, 137p.
- Camara Sékou Balta. 2019. Peuplement ichtyologique de l'estuaire de la Mellacorée/Guinée. Thèse de Doctorat. Université? Pays? Nombre de page?
- Cadotte M., C.H. Albert, S.C. Walker. 2013. The ecology of differences: assessing community assembly with trait and evolutionary distances. *Ecology letters*, 16(10): 1234-44.
- Chris. D., Evelyn Godwin Amaewhule. E. G. 2022. Zooplankton and benthic fauna composition of Isaka-bundu mangrove swamp, Niger delta, Nigeria: A polluted tidal mangrove tropical creek. *International Journal of Science and Research Archive*, 6(2):174-183.
- Chaigneau A., Ouinsou F. T., Akodogbo H., Dobigny G., Avocegan T. T., Sognon F. U. D., Okpeitcha V. O., Djihouessi M. B., Azémar F. 2023: Facteurs physicochimiques de la variabilité saisonnière du zooplancton dans un lagon d'Afrique de l'Ouest (lagune de Nokoué, Bénin). *Journal of Marine Science and Engineering*, 11(3): 2077-1312.
- Dajoz R. (2000). Précis d'Ecologie. 7<sup>è</sup> me édition, Dunod, Paris, France, 615 p.
- Degerman, R., Lefebure, R., Bystrom, P., Bamstedt, U., Larsson, S., Andersson, A., 2018. Food web interactions determine energy transfer efficiency and top consumer responses to inputs of dissolved organic carbon. *Hydrobiologia*, 805: 131-146.
- Elliott. M., Quintino, V. 2007. The estuarine quality paradox, environmental homeostasis and the difficulty of detecting anthropogenic stress in naturally stressed areas. *Marine pollution bulletin*, 54(6): 640 - 645.
- Fekhaoui M. 2005. Projet gestion intégrée du Complexe des Zones Humides du Bas Loukkos (Larache, Maroc); phase du diagnostic: Hydrologie. Fondation Ciconia, Lichtenstein, et géré par le GREPOM. 40 p
- Fofana N M, Raphael N'doua ETILE, Gouli GOORE B I. 2019. Répartition saisonnière du zooplancton en relation avec les caractéristiques environnementale dans le lac Kaby (Bongouanou, Côte d'Ivoire). *Journal of Applied Biosciences*, 140: 14256 - 14267.
- Gorokhova, E., Lehtiniemi, M., Postel, L., Rubene, G., Amid, C., Lesutiene, J., Uusitalo, L., Strake, S., Demereckiene, N. 2016. Indicator Properties of Baltic Zooplankton for Classification of Environmental Status within Marine Strategy Framework Directive. *PLoS ONE*, 11(7): e0158326.
- Hugues Aguin Elegbe, Célestin Mélécony Blé, Raphaël N'doua Etilé, Antoine Chikou, Ibrahim Imorou Toko, Maryse N'Guessan Aka, Prudencio T Agbohessi and Philippe Laleye. 2016. Diversity and structure of zooplankton in a tropical traditional aquaculture system "Whedos" in Ouémé river high delta (Benin, West Africa). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 4(6): 772-779.
- Houssou AM, Agadjihouédé H, Montchowui E, Bonou CA, Lalèyè P. 2015. Structure and seasonal dynamics of phytoplankton and zooplankton in Lake Azili, small Lake of the pond of River Ouémé, Benin. *International Journal of Aquatic Biology*, 3(3):161-171.
- Khlistova M.L. et Kéïta A. 1985. Variation saisonnière de la composition qualitative du zooplancton de la zone côtière du shelf guinéen. *Bulletin du centre de Rogbané*, 1: 28-38.
- Khlistova L.M. et Keita Ansoumane. 1988. Zooplancton (composition et répartition) de l'océan Atlantique tropical Région Guinéenne - Kiev, Naoukova Doumka. pp 257- 274.
- King, A.J., Pienaar, H. 2011. Sustainable Use of South Africa's Inland Waters: A Situation Assessment of Resource Directed Measures 12 Years After the 1998 National Water Act. Report No TT 491/11. Water Research Commission, Pretoria.
- McLusk, D.S., Elliott, M. 2004. The estuarine ecosystem: Ecology, Threats, and Management. 224 p.
- Mergaoui L., Fefhaoui M., Driss B., Gheït A. & Stambouli A., 2003. Qualité des eaux et macrofaune benthique d'un milieu estuarien du Maroc: cas de l'estuaire de Sebou. *Bulletin de l'institut Scientifique, Section Sciences de la vie*, 25: 67-75.
- Mitsch, W. J. & J. G. Gosselink, 1993. Wetlands, 2nd ed. Van Nostrand Reinhold Press, New York. 722 pp.

- Nahon Mamadou Fofana, Raphael N'doua Etilé, Aristide Yao Konan, Stanislas Silvain Yao, Gouli Goore Bi. 2020. Impact Of Anthropisation On Spatio-Temporal Variations And Zooplanktonic Population: Example Of Bongouanou Withdrawals (West Africa, Cote-D'ivoire). *European Scientific Journal*, 16: 1857-7431.
- O'Brien, G., Swemmer, R., Wepener, V. 2009. Ecological integrity assessment of the fish assemblages of the Matigulu/Nyoni and Umvoti estuaries, KwaZulu-Natal, South Africa. *Afr. J. Aquat. Sci.*, 34: 293-302.
- Pastoma, H. 1994. Future of research in coastal lagoons. In Kjerfve, B. (ed.), *Coastal Lagoon Processes*. Elsevier Oceanography Series no. 60, Amsterdam: 553-561.
- Quinton, J.N., Catt, J.A. 2007. Enrichment of heavy metals in sediment resulting from soil erosion on agricultural fields. *Environ. Sci. Technol.*, 41: 3495-3500.
- Sajina L. I., 1986 - Tableaux de poids des principaux organismes zooplanctoniques. MGI. 27p.
- Sédibinet Sidibe et Sayon Oulaye. 2003: L'eau en Guinée. Accessible: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://unstats.un.org/unsd/environment/envpdf/UNSD\_TogoWorkshop/Session%207b\_Guin%C3%A9e\_L'Eau%20en%20Guin%C3%A9e.pdf
- Shmélova. 1965. Weight characteristics of the zooplankton of the Adriatic sea. *Bulletin de l'Institut Océanographique de Monaco*, 65; 1351, 11-24.
- Tregouboff G, M Rose. 1957. *Manuel de planctologie méditerranéenne*. Paris: Centre National de la Recherche Scientifique édition, 587 pp.
- Vasconcelos, R.P., Reis-Santos, P., Maia, A., Fonseca, V., Franca, S., Wouters, N., Costa, M.J., Cabral, H.N. 2010. Nursery use patterns of commercially important marine fish species in estuarine systems along the Portuguese coast. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 86: 613-624.
- Venkataramana, V., Sarma, V.V.S., Reddy, A. 2017. River discharge as a major driving force on spatial and temporal variations in zooplankton biomass and community structure in the Godavari estuary India. *Environ. Monit. Assess.*, 189, 1-22.
- Wang, J., Liu, R., Zhng, P., Yu, W., Shen, Z., Feng, C. 2014. Spatial variation, environmental assessment and source identification of heavy metals in sediments of the Yangtze River Estuary. *Mar. Pollut. Bull.*, 87, 364-373.
- Wiafe, G and Frid, CLJ. 2001. *Marine zooplankton of West Africa (with CDROM)*. Marine Biodiversity Capacity Building in the West African Sub-region. Darwin Initiative Report 5, UK. Ref. 162/7/451, 125 pp.
- Wooldridge, T.H. 1999. Estuarine zooplankton community structure and dynamics. In: Allanson, B.R., Baird, D. (Eds.), *Estuaries of South Africa*. Cambridge University Press, Cambridge, pp. 141-166.
- Zhang, F., Savenije, H.H.G., Chen, S., Chen, J., 2012. Water abstraction along the lower Yangtze River China, and its impact on water discharge into the estuary. *Phys. Chem. Earth*, 47: 76-85.