



Original Paper

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

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

Impacts des exploitations piscicoles en cages flottantes sur la structure des macroinvertébrés benthiques de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire)

Kouamé Parfait YOBOUE^{1,2*}, Benié Rose Danielle ABOUA¹, Siaka BERTE¹,
Julien Kalpy COULIBALY², Nahoua Issa OUATTARA¹ et Essetchi Paul KOUAMELAN¹

¹Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Ecotechnologie des Eaux, Université Félix Houphouët Boigny, BP V 34
Abidjan, Côte d'Ivoire.

²Institut Pasteur de Côte d'Ivoire, 01 BP 490 Abidjan, Côte d'Ivoire.

*Auteur correspondant, E-mail: yobson03@yahoo.fr, Tel. : +225 09039103

RESUME

Les études concernant les interactions entre l'aquaculture et l'environnement sont importantes pour une gestion durable et responsable des activités aquacoles et de leurs effets environnementaux. L'appréciation des perturbations occasionnées par l'exploitation piscicole des cages flottantes installées dans la lagune d'Aghien (Secteur 1 de la lagune Ebrié) sur la communauté de macroinvertébrés benthiques sous-jacente est basée sur la comparaison des données obtenues au niveau de ces cages et celles d'une station Témoin. Le prélèvement des macroinvertébrés benthiques a été effectué suivant les 4 saisons avec une benne Van Veen entre août 2016 et juillet 2017. L'identification des organismes a été effectuée à l'aide de clés spécialisées. L'analyse des résultats révèle une différence significative ($p < 0,001$) entre les données obtenues au niveau des deux stations. L'Indice de Shannon (H) et l'Équitabilité (E) au niveau des cages flottantes ($H = 1,64$; $E = 0,62$) sont inférieurs à ceux obtenus au niveau de la station Témoin ($H' = 2,83$; $E = 0,84$). L'Indice de Sorensen (SI) de valeur 0,326 confirme cette différence. Les perturbations, au niveau des cages, sont manifestées par la prolifération des organismes caractéristiques de milieux eutrophes tels que les Mollusques (40,03%) et les Annélides (30,62%). Par contre au niveau de la station Témoin, ce sont les Insectes (63,22%), plutôt sensibles, qui dominent.
© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: Perturbations, Pisciculture en cage, Faune benthique, Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire

Impacts of fish breeding in cages on the structure of benthic macroinvertebrates in Ebrié lagoon (Ivory Coast)

ABSTRACT

Studies on the interactions between aquaculture and natural environments are important for sustainable and responsible management of aquaculture and their environmental effect. The appreciation of the disturbances of fish breeding cages, installed in Aghien lagoon (sector 1 of Ebrié lagoon), on benthic macroinvertebrates community is based on comparison between samples collected under the cages with the others collected at reference station. Ekman grab sampler has used to collect macrobenthos during four seasons between august 2016 and july 2017. Identification key has used to do identification. The analysis of the results revealed significant ($p < 0.001$) different between the composition of benthic fauna under the cages of fish

breeding and these others of the reference station. Shannon Index (I) and Equitability (E) on the level with the cages of fish breeding ($H=1.64$; $E=0.62$) are lower than these others on the level with reference station ($H'=2.83$; $E'=0.84$). Sorensen Index (SI) value (0,326) show that similarity is weak between both stations. Near the cages of fish breeding, Mollusc (40.03%) and Annelids (30.62%) which are rather euryonic and pollution indicator organisms are the most abundant under the cages. On the other hand, Insects (63.22%) which are so sensible group hold the record in reference station where conditions are rather best.

© 2018 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Disturbance, Aquaculture in cages, Benthic fauna, Ebrié lagoon, Ivory Coast.

INTRODUCTION

Le développement de l'aquaculture constitue, certes, un moyen pour accroître la production halieutique et faire face à la demande de plus en plus croissante des produits d'origine aquatique (UICN., 2007). Cependant, l'on est unanime que ce développement doit se faire en toute responsabilité pour éviter les impacts potentiels sur l'environnement. L'exploitation des fermes aquacoles, à l'instar des activités industrielles, agricoles et urbaines, produit des déchets qui bouleversent l'équilibre écologique des milieux aquatiques hôtes (Cao et al., 2007 ; Bjorn, 2007 ; Halwart et al., 2007 ; Price et al., 2015).

En Côte d'Ivoire, la pisciculture est la principale activité aquacole (MIPARH, 2009). Elle se pratique en étangs, en enclos ou en cages flottantes. Ces dernières restent les systèmes d'élevage qui suscitent le plus de préoccupation au niveau environnemental. Ces fermes, exploitées pour la production intensive de poissons en pleine eau, ont l'inconvénient d'enrichir les sédiments situés en dessous des cages en matières organiques (Olapoju et al., 2014). Ces matières organiques, constituées essentiellement de débris d'aliments non ingérés et de composés issus du métabolisme des poissons élevés (Gorlach-Lira et al., 2013), peuvent affecter la qualité des eaux et perturber la structure de la communauté benthique. Plusieurs études ont d'ailleurs montrés que l'accumulation dans les sédiments de rejets organiques issus des cages est à l'origine de phénomène d'eutrophisation des eaux (Degefu et al., 2011 ; Schenone et al., 2011) et de modification de la composition

de la faune aquatique locale (Strictar-Pereira et al., 2010 ; Dias et al., 2012), particulièrement le benthos (Yuccel-Gier et al., 2007). Les macroinvertébrés benthiques occupent, pourtant, une place importante dans le réseau trophique et le recyclage des matières organiques des écosystèmes aquatiques (Gnohossou, 2006). En outre, l'utilisation de sous-produits agricoles, à caractère eutrophisant, pour l'alimentation des poissons (tourteaux d'huile de palme, épluchures de manioc et de banane, son de riz ou de blé, drèche de bière, farine de maïs) et la fertilisation des milieux d'élevage (fientes de volaille, fumier de porc, compost) sont des pratiques courantes dans la plupart des fermes piscicoles en Afrique (Adjanke, 2011 ; Sarr et al., 2015) et particulièrement en Côte d'Ivoire (Kimou et al., 2016). Ces pratiques accentuent les inquiétudes concernant l'effet des exploitations piscicoles sur l'environnement aquatiques. La réalisation d'études environnementales est donc nécessaire pour mieux comprendre les processus environnementaux liés à l'exploitation des fermes aquacoles en vue d'établir une politique de gestion durable des ressources en eau exploitées à des fins aquacoles.

Les études environnementales réalisées au niveau de la lagune Ebrié sont nombreuses. Elles révèlent que les eaux de cette lagune sont menacées de pollution par les eaux usées domestiques, les eaux de ruissèlement en provenance des terres agricoles environnantes (Koffi et al., 2014) et les effluents industriels (Dongo et al., 2013). Cependant, aucune d'elles ne s'est intéressée à la question de l'impact des fermes piscicoles sur

l'environnement. Pourtant, la lagune Ebrié est l'un des plans d'eau les plus sollicités pour la production piscicole en Côte d'Ivoire. Cette étude a donc été menée pour apprécier les perturbations occasionnées par l'exploitation des cages flottantes sur la structure de la communauté de macroinvertébrés benthiques au niveau de la lagune Ebrié.

MATERIEL ET METHODES

Description du milieu d'étude

La lagune d'Aghien est située à l'Est de la lagune Ebrié dans le secteur I entre les longitudes Ouest 3°50 et 3°85 et les latitudes Nord 5°23 et 5°27 (Figure 1). Elle est la zone la plus confinée de la lagune Ebrié avec une superficie estimée à 21 km² et une profondeur allant jusqu'à 11 mètres (Bedia et al., 2009). Les eaux de cette lagune, influencées par les crues de la Mé et de la Comoé, sont oligohaline (Durand et Guiral, 1994). La température des eaux varie entre 26,0 °C et 34,0 °C (Kouassi, 2005). La lagune d'Aghien se trouve dans une zone sous l'influence du climat Attiéen de type équatorial humide avec quatre saisons dont deux saisons sèches (petite saison sèche : PSS et grande saison sèche : GSS) et deux saisons pluvieuses (petite saison des pluies : PSP et grande saison des pluies : GSP).

Présentation de la ferme piscicole exploitant les cages flottantes

La ferme piscicole qui a fait objet d'étude est installée dans la lagune d'Aghien (Figure 2). Elle exploite des cages flottantes pour la phase de grossissement des poissons du genre *Tilapia*. Cette entreprise dispose de 50 cages flottantes confectionnées avec des filets en coton ou en polystyrène de dimensions 5x5x5 mètres. Ces filets sont montés sur un dispositif en bois soutenu par des flotteurs en plastique (barriques et pneus usés). Les poissons en phase de grossissement sont nourris avec des aliments produits sur

place ou achetés chez les commerciaux industriels. Les cages sont empoisonnées à raison de 10000 poissons par cage avec une fréquence de nourrissage de 2 fois par jour.

Choix des stations

Deux stations d'échantillonnage ont été choisies : la première est située au niveau des cages flottantes (5°419107 N - 3°858720 W) et la seconde, la station témoin (5°392453 N - 3°838297 W), située à 4000 mètres des cages flottantes dans une zone exempte d'activités anthropiques (Figure 1) et de contamination ponctuelle.

Echantillonnage de la faune benthique

Quatre campagnes de prélèvement ont été réalisées d'août 2016 à juillet 2017 précisément aux mois d'août, Novembre, Février et Juillet. Les organismes benthiques ont été prélevés à l'aide une benne Van Veen d'ouverture 0,0250 m². 10 coups de Benne ont été donnés au niveau de chaque station. Les organismes benthiques prélevés ont été triés puis conservés dans du formaldéhyde à 10%. L'observation des organismes s'est fait à la loupe binoculaire et l'identification avec les clés de Binder (1957), de Dejoux et al., (1981) et de Tachet et al. (2010).

Analyses mathématiques des données

L'indice de diversité de Shannon (H') et l'Equitabilité (E) ont été calculés pour mesurer et comparer la composition spécifique au niveau de chaque station. L'indice (β) de Sorensen a été calculé pour étudier la similarité des taxons de macroinvertébrés benthiques entre les deux stations. Le test de Mann-Whitney a été réalisé pour étudier la significativité des variables au niveau des deux stations.

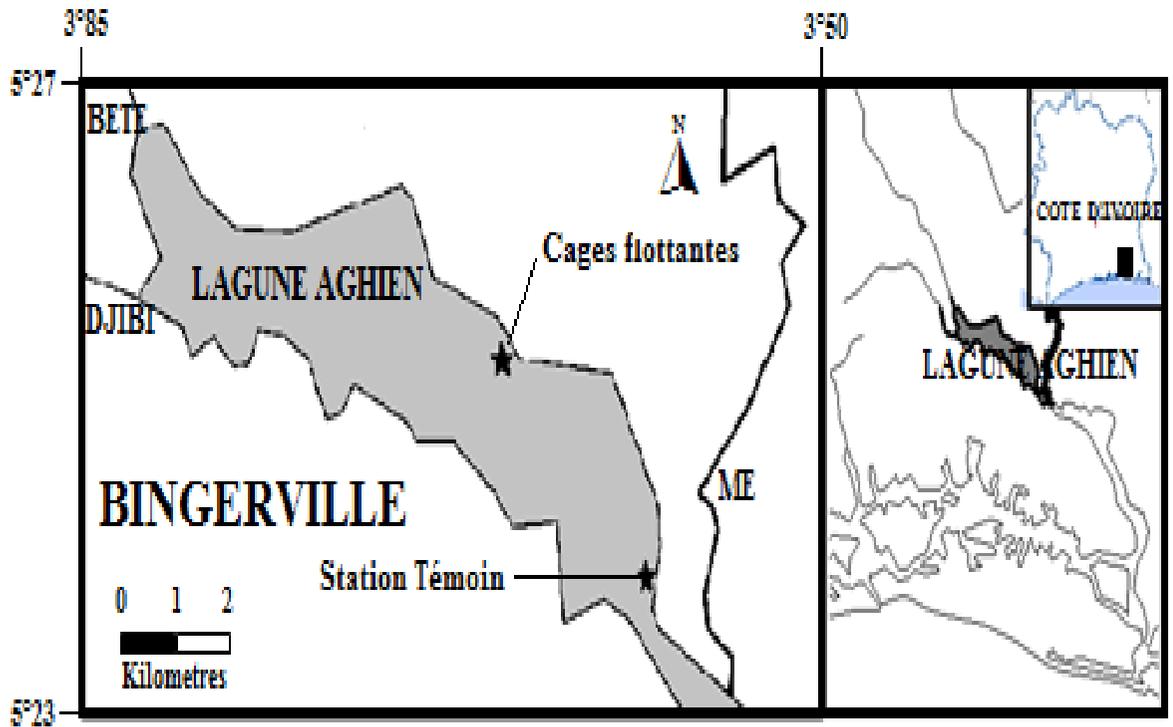


Figure 1 : Carte de la situation géographique de la lagune d'Aghien et des deux stations échantillonnées.

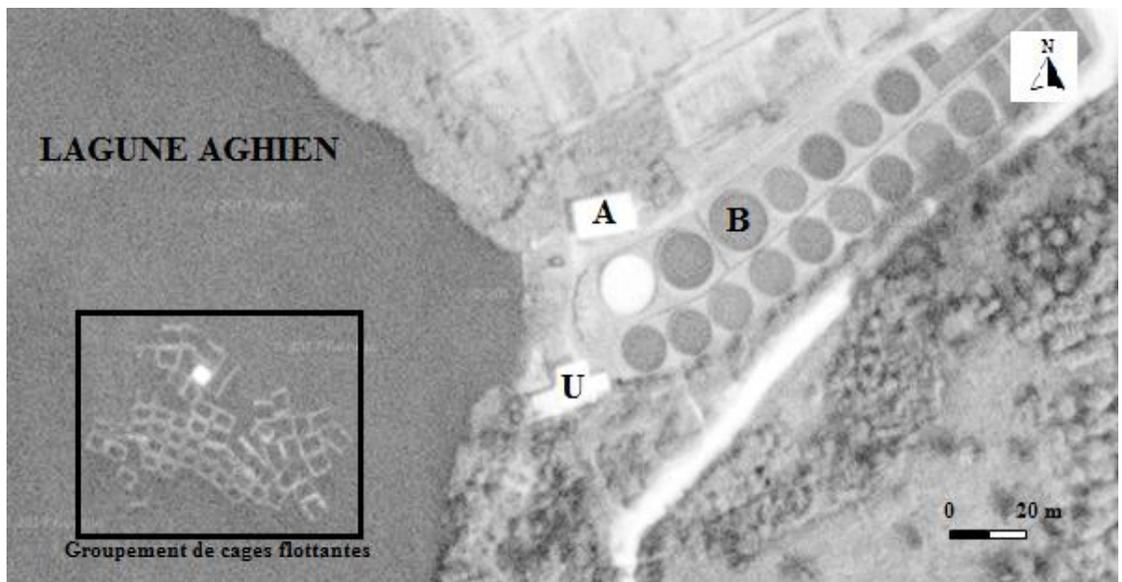


Figure 2 : Vue satellitaire de la ferme piscicole exploitant les cages flottantes ; A : Administration, B : Bassin d'alevinage et de prégrossissement, U : Usine de fabrication d'aliment et entrepôt. (Source : Google map 2017).

RESULTATS

Composition des macroinvertébrés benthiques

Les résultats obtenus sont présentés dans le Tableau 1 et la Figure 3. Les organismes recensés au niveau des cages flottantes sont repartis en 4 classes, 9 ordres et 14 familles. Les Mollusques (40,03%) constituent le groupe dominant suivis des Annélides (30,62%), des Insectes (25,5%) et des Arachnides (3, 85%). Les Thiaridae (182), les Tubificidae (141) et les Chironomidae (65) constituent plus de 80% de l'abondance totale à cette station. Par contre, au niveau de la station Témoin, nous avons 7 classes, 15 ordres et 29 familles. Ce sont les Insectes (63,22%) qui dominent largement suivis des Mollusques (12,54%), des Arachnides (10,79%), des Crustacés (6,86%), des Annélides (5,57%) et des Bivalves (1,02%). Contrairement à la station située au niveau des cages flottantes, les familles de l'Ordre des Dermaptères, des Hémiptères, des Odonates et des Coléoptères sont bien représenté au niveau de la station Témoin.

Indices de Shannon, d'Equitabilité et de Sorensen

L'indice de Shannon et l'équitabilité au niveau des cages flottantes sont faibles par rapport à ceux obtenus à la station Témoin. L'indice de Sorensen est relativement faible. Les valeurs sont consignées dans le Tableau 2 :

Variation saisonnière de la diversité et de l'abondance

Au total, 926 individus ont été récoltés et identifiés dans les deux stations avec 467 individus au niveau des cages flottantes et 459 au niveau de la station témoin. Les plus fortes abondances ont été observées pendant les saisons pluvieuses. On dénombre un maximum en grande saison des pluies avec respectivement 166 et de 152 spécimens au niveau des cages flottantes et de la station Témoin. Les plus faibles abondances sont observées en saisons sèches. On recense pendant la grande saison sèche 81 spécimens au niveau des cages flottantes contre 83 spécimens à la station Témoin (Tableau 3).

Tableau 1 : Liste taxinomique des macroinvertébrés benthiques récoltés entre août 2016 et juillet 2017 au niveau des cages flottantes (CF) et de la station de Témoin (ST) dans la lagune d'Aghien

Classes	Ordres	Familles	Stations	
			CF	ST
Malacostracés	Décapodes	Palaemonidae	0	31
Branchiopodes	Spinacaudata	Limnadiidae	0	3
Bivalves	Vénéroïdes	Donacidae	0	4
Annélides	Oligochètes	Lumbricidae	0	5
		Haplotaxidae	2	0
		Tubificidae	141	20
Arachnides	Araneae	Tetragnathidae	3	0
	Trombidiformes	Hydrachnidae	15	19
		Hydrodromidae	0	30
Mollusques	Caenogastropodes	Thiaridae	182	42
	Basommatophores	Planorbidae	0	8
	Cycloneritimorpha	Neritidae	0	7
	Littorinimorpha	Skeneopsidae	5	0
Insectes	Dermaptères	Forficulidae	0	5
	Hémiptères	Belostomatidae	0	25

Odonates	Libellulidae	0	4
	Corduliidae	0	2
	Lestidae	7	25
Diptères	Chironomidae	65	48
	Chaoboridae	0	1
	Nymphe	0	2
Hétéroptères	Veliidae	11	20
	Pleidae	0	7
	Naucoridae	0	60
	Népidae	0	4
	Mesoveliidae	2	0
	Gerridae	2	0
Ephéméroptères	Baetidae	27	57
	Siphonuridae	3	0
	Polymitarcyidae	0	1
	Potamanthidae	0	2
	Ameletidae	2	0
Coléoptères	Dytiscidae	0	21
	Elmidae	0	2
	Noteridae	0	2
	Hydroscaphidae	0	2
7 Classes	17 Ordres	36 Familles	467 459

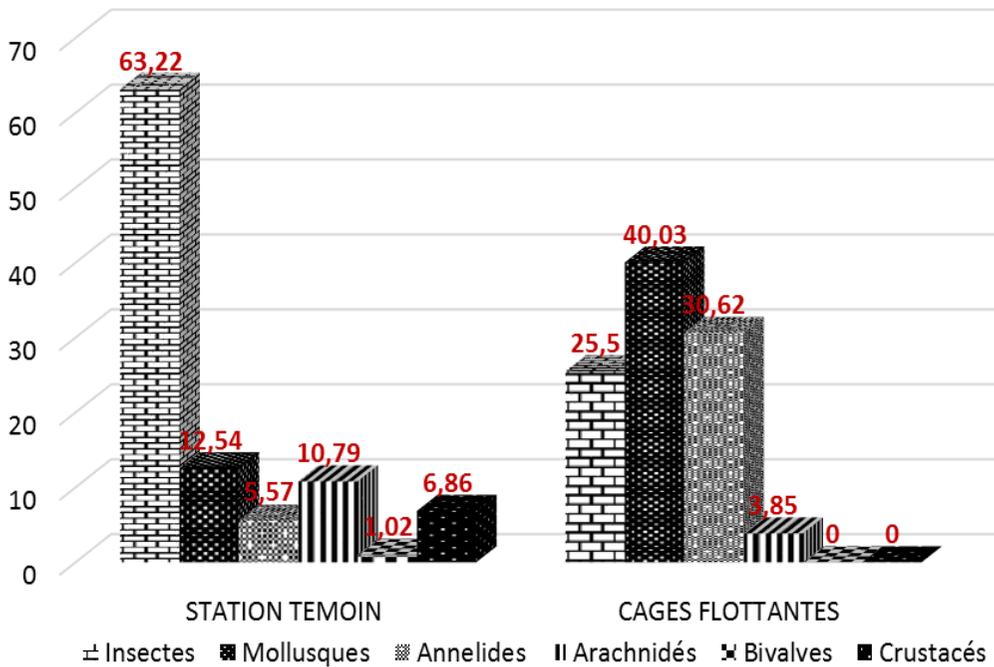


Figure 3 : Proportion des principaux groupes de macroinvertébrés benthiques récoltés au niveau des deux stations au niveau de la lagune Aghien.

Tableau 2 : Résultats des indices de Shannon, de Sorensen et de l'Équitabilité au niveau des cages flottantes (CF) et de la station Témoin (ST)

Stations	Indice de Shannon	Équitabilité	Indice de Sorensen
ST	2,826	0,8391	0,326
CF	1,637	0,6202	

Tableau 3 : Abondance saisonnière des macroinvertébrés benthiques récoltés entre août 2016 et juillet 2017 au niveau des cages flottantes (CF) et de la station de Témoin (ST) dans la lagune d'Aghien.

Stations	Taxons	PSS	PSP	GSS	GSP	Total
CF	Insectes	18	34	21	46	119
	Mollusques	37	54	29	67	187
	Annélides	25	44	22	52	143
	Arachnides	5	3	9	1	18
	Crustacés	0	0	0	0	0
	Bivalves	0	0	0	0	0
ST	Insectes	63	79	47	101	290
	Mollusques	8	17	12	20	57
	Annélides	6	6	4	9	25
	Arachnides	14	11	18	6	49
	Crustacés	8	10	3	13	34
	Bivalves	1	1	0	2	4

DISCUSSION

Les résultats montrent qu'il y a moins de taxons (14) au niveau des cages flottantes par rapport à la station Témoin (29). La différence est significative entre les deux stations pour ce qui concerne la richesse taxinomique. Certains taxons comme ceux de l'Ordre des Dermaptères, des Hémiptères, des Coléoptères et des Odonates sont présents au niveau de la station Témoin mais absents au niveau des cages flottantes. Les Mollusques (40,03%) et les Annélides (30,62%) sont les groupes dominants au niveau des cages flottantes tandis qu'au niveau de la station Témoin, ce sont les insectes (63,22%) qui sont majoritaires. La faible richesse taxinomique au niveau des cages flottantes et la proportion relativement élevée des Mollusques et des Annélides seraient dues à des modifications

occasionnées par l'exploitation piscicole des cages flottantes. En effet, le cumul dans les sédiments des aliments non ingérés et des fèces des poissons élevés en dessous des cages constitueraient un stock de nourriture attrayant pour les mollusques et les annélides qui sont des organismes détritivores et omnivores. La surface couverte par les cages serait aussi pour ces organismes un refuge idéal contre les prédateurs potentiels et les courants d'eau. Certains auteurs ont montré que la répartition des différents groupes taxonomiques de macroinvertébrés est beaucoup liée aux conditions du milieu à savoir la disponibilité d'aliments (Peeters et al., 2004), la composition du substrat (Gnohossou, 2006), l'augmentation de la charge nutritive (Buss et al., 2002), la compétition et la prédation (Haddaway et al., 2014). Selon Moisan et

Pelletier (2008) lorsque le milieu est perturbé ou que les conditions du milieu deviennent défavorables, les organismes les plus sensibles peinent à survivre, donc diminuent au profit des plus résistants. A cet effet, les insectes qui constituent, en général, un groupe très sensible à la pollution organique (Azrina et al., 2006), régressent dans le milieu à cause de la forte charge organique des sédiments en dessous des cages. Ainsi, Fagrouch et al. (2011) remarquaient également que le nombre des insectes était faible au niveau des stations recevant les effluents urbains par rapport à celles qui n'en recevaient pas. Par ailleurs, certains groupes d'insectes prédateurs tel que les Odonates, les Hémiptères, qui se déplacent dans la colonne d'eau à la recherche de proies pourraient être entravés dans leur déplacement par l'encombrement physique que constitue la présence des cages dans la colonne d'eau. Le nombre important des organismes issus des familles des Tubificidae et des Chironomidae au niveau des cages flottantes témoigne aussi d'une pollution locale du milieu par les matières organiques. Ces organismes indicateurs de pollution sont les habitants communs des milieux perturbés, riche en nutriments et pauvre en oxygène selon les observations de Olomukoro et Ezemonye (2006).

L'indice de diversité de Shannon et l'équitabilité indiquent des valeurs faibles au niveau des cages flottantes ($H^2 = 1,64$; $E = 0,62$) comparées à celles de la station Témoin ($H^2 = 2,83$; $E = 0,84$). La station située au niveau des cages flottantes est moins diversifiée que la station Témoin. Cela traduit l'apparition d'un déséquilibre structurel dans la population de macroinvertébrés au niveau des cages flottantes avec la régression des taxons sensibles (Odonates, Ephéméroptères, Coléoptères et aussi les Bivalves et les Crustacés) (Sanogo, 2014 ; Tshijik et al., 2015), la prolifération des taxons tolérants à la pollution organique (Tubificidae et Chironomidae) et euryoniques (Mollusques) (Mbakwiravyo, 2009). En outre, la valeur de l'indice de Sorensen qui est de 0,326 montre qu'il existe une faible similarité entre les deux

stations. En effet, sur les 36 familles recensées sur l'ensemble des deux stations, seulement sept familles sont communes aux deux stations. 22 familles ont été retrouvées exclusivement à la station Témoin contre sept familles au niveau des cages flottantes. Cette différence traduirait les conditions environnementales au niveau de chaque station. Autrement dit, les conditions du milieu où se trouvent les cages flottantes seraient défavorables comparées à celles de la station Témoin. La faible diversité au niveau des cages flottantes résulte des diverses perturbations engendrées par l'exploitation des cages flottantes. Ces résultats sont en adéquation avec les observations de l'UICN (2007) à propos des conséquences des activités aquacoles sur la qualité des eaux et la diversité spécifique des milieux exploités.

Pour ce qui concerne l'influence des saisons sur l'abondance des macroinvertébrés, il faut noter que de fortes variations sont observées lorsqu'on passe d'une saison à une autre et cela indépendamment des stations. Les plus fortes abondances sont observées en saisons pluvieuses et les plus faibles en saisons sèches. Ces variations peuvent s'expliquer par le fait que les pluies et les inondations pendant ces périodes amènent des conditions de vie meilleures. Il s'agit de l'accélération de la productivité des écosystèmes aquatiques par apport de nutriments (Agblonon et al., 2017) et de la dilution des eaux polluées par apport des eaux de ruissellement (Mucheso et al., 2017).

Conclusion

La réalisation de cette étude a permis de mettre en évidence les perturbations occasionnées par l'exploitation des cages flottantes sur l'organisation des macroinvertébrés benthiques sous-jacents. Ces perturbations sont caractérisées par la modification de la composition taxinomique, par la réduction de la diversité (14 familles au niveau des cages flottantes contre 29 au niveau de la station Témoin), par la prolifération de taxons résistants (Mollusques et Annélides) et la disparition de taxons

sensibles (Insectes, Crustacés et Bivalves). Les effets de ces perturbations sont amplifiés en saisons sèche et atténués en saisons pluvieuses. L'application du test de Mann-Whitney a permis de déceler une différence significative entre les données obtenues au niveau des cages flottantes et celles obtenues au niveau de la station Témoin. Le calcul de l'indice de Sorensen a aussi mis en évidence l'existence d'une faible similarité entre les deux stations étudiées.

CONFLIT D'INTERETS

Il n'existe aucun conflit d'intérêts entre les différents auteurs.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

KPY s'est occupé de l'échantillonnage, traitement des données et de la rédaction du manuscrit. BRDA : échantillonnage, directive technique, correction du manuscrit et contribution financière. SB : directive technique, correction du manuscrit et contribution financière. JKC : directive technique et correction du manuscrit. NIO : superviseur scientifique. EPK : directeur scientifique de l'étude.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient toutes les personnes qui ont contribué d'une manière ou d'une autre à la réalisation de cette étude. Il s'agit particulièrement des Enseignants-chercheurs Dr YAO Silvain, Dr KIEN Brahiman, du Gestionnaire de ferme Mr KOUAME Kouakou Bruno, du Technicien Mr KONAN N'Guessan Ives (CIAPOL) et des Doctorants AMON Lydie Nina, FIAME Orphé, CISSE Mamadou et AIME Louis Steves qui nous ont aidés lors des échantillonnages.

REFERENCES

Adjanke A. 2011. Production d'alevins et gestion de ferme piscicole. Manuel de formation en pisciculture. Coordination togolaise des organisations paysannes et de producteurs agricoles (C.T.O.P). p. 39. DOI: [\[be.org/IMG/pdf/ctop._presentation_oef_ctop_dakar.pdf\]\(http://www.csa-be.org/IMG/pdf/ctop._presentation_oef_ctop_dakar.pdf\)](http://www.csa-</p></div><div data-bbox=)

Agblonon HTM, Adandedjan D, Chikou A, Toko-Imorou, Koudenoukpo C, Bonou C, Youssao I, Laleye P. 2017. Inventaire et caractéristiques faunistiques des macroinvertébrés de la rivière Alibori dans le bassin cotonnier du Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **21**(3): 433-448. DOI : <http://www.issr-journals.org/links/papers.php?journal=ijias&application=pdf&article=IJIAS-17-052-10>

Azrina MZ, Yap CK, Ismail AR, Ismail A, Tan SG. 2006. Anthropogenic impacts on the distribution and biodiversity of benthic macroinvertebrates and water quality of the Langat River, Peninsular Malaysia. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, **64**: 337-347. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2005.04.003>

Bedia AT, N'Zi KG, Yao SS, Kouamelan EP, N'Douba VN, Kouassi NJ. 2009. Typologie de la pêche en lagune Aghien-Potou (Côte d'Ivoire, Afrique de l'ouest) : Acteurs et engins de pêche. *Agronomie Africaine*, **21**(2) : 197-204. DOI : <https://www.ajol.info/49810-68120-1-PB.pdf>

Binder E. 1957. Mollusques aquatiques de Côte d'Ivoire – Gastéropodes. Bulletin de l'I. F. A. N. T. XIX, série A, n°1 : 97-125.

Bjorn RB. 2007. Cage aquaculture and environmental impacts. Norwegian Institute for Water Research. *Aquacultural Engineering and Environment*: 49-91. DOI: [https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/BIO316/Prof%20Chapter%203%20\(Braaten.%20Cage%20aquaculture%20\(pdf\)-2.pdf](https://eclass.upatras.gr/modules/document/file.php/BIO316/Prof%20Chapter%203%20(Braaten.%20Cage%20aquaculture%20(pdf)-2.pdf)

Buss DF, Baptista DF, Silveira MP, Nessimian JL, Dorville LF. 2002. Influence of water chemistry and environmental degradation on macroinvertebrate assemblages in a river

- basin in South East Brazil. *Hydrobiologia*, **481**: 125-136. DOI: http://www.scielo.br/pdf/asoc/v17n3/en_v17n3a10.pdf
- Cao L, Wang W, Yang Y, Yang C, Yuan Z, Xiong S, Diana J, 2007. Environmental Impact of Aquaculture and Countermeasures to Aquaculture Pollution in China. *Environmental Science and Pollution Research*, **14**(7): 452-462. DOI: <http://dx.doi.org/10.1065/espr2007.05.426>
- Degefu F, Mengistu S, Schagerl M. 2011. Influence of fish cage farming on water quality and plankton in fish ponds: A case study in the Rift Valley and North Shoa reservoirs, *Ethiopia. Aquaculture*, **316** : 129-135. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.aquaculture.2011.03.010>
- Dejoux C, Elouard JM, Forge P, Maslin JL. 1981. Catalogue iconographique des insectes aquatiques de Côte d'Ivoire. *Orstom*, **42**: p. 178.
- Dias JD, Simões NR, Bonecker CC. 2012. Zooplankton community resilience and aquatic environmental stability on aquaculture practices: a study using net cages. *Brazilian Journal of Biology*, **72**(1): 1-11. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842012000100001>
- Dongo KR, Niamke BF, Adje AF, Britton BGH, Nama LA, Anoh KP, Adima AA, Atta K. 2013. Impacts des effluents liquides industriels sur l'environnement urbain d'Abidjan – Côte d'Ivoire. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **7**(1): 404-420. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i1.36>
- Durand JR, Guiral D. 1994. Hydroclimat et hydrochimie. In *Environnement et Ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire* (tome 2), Durand JR, Dufour P, Guiral D, Zabi SGF (eds). ORSTOM : Paris ; 59-90.
- Fagrouch A, Berrahou A, Halouani HE. 2011. Impact d'un effluent urbain de la ville de Taourirt sur la structure des communautés de macroinvertébrés de l'Oued Za (Maroc Oriental). *Revue des Sciences de l'Eau*, **24**(2) : 87-101. DOI : <http://dx.doi.org/10.7202/1006104ar>
- Gnoghossou PM. 2006. La faune benthique d'une lagune ouest africaine (le lac Nokoue au Bénin), diversité, abondance, variations temporelles et spatiales, place dans la chaîne trophique. Thèse présentée en vue de l'obtention du Doctorat de l'Institut National Polytechnique de Toulouse. p. 184. DOI: <http://ethesis.inp-toulouse.fr/archive/00000481/>
- Gorlach-Lira K, Pacheco C, Carvalho LCT, Melo Junior HN, Crispim MC. 2013. The influence of fish culture in floating net cages on microbial indicators of water quality. *Brazilian Journal of Biology*, **73**: 457-463. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842013000300001>.
- Haddaway NR, Vieille D, Mortimer RJG, Christmas M, Dunn AM, 2014. Aquatic macroinvertebrate responses to native and non-native predators. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*, **415**(10): 12. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/kmae/2014036>
- Halwart M, Soto D, Arthur JR. 2007. Cage aquaculture – Regional reviews and global overview. FAO Fisheries Technical Paper. No. 498. Rome, FAO. p. 259. DOI: <http://www.fao.org/tempref/docrep/fao/010/a1290e/a1290e04.pdf>
- Kimou BN, Koumi AR, Koffi KM, Atse BC, Ouattara NI, Kouame LP. 2016. Utilisation des sous-produits agroalimentaires dans l'alimentation des poissons d'élevage en Côte d'Ivoire. *Cahiers Agricultures*, **25** : 1-9. DOI: <http://dx.doi.org/10.1051/cagri/2016012>
- Koffi KJP, N'Go YA, Yeo KM, Kone D, Savane I. 2014. Détermination des périmètres de protection de la lagune Aghien par le calcul du temps de transfert de l'eau jusqu'à la lagune.

- Larhyss Journal*, **19** : 19-35. DOI : lab.univ-biskra.dz/Larhyss/images/pdf/JOURNA LN°19/2. Koffi_Konan_et_al.pdf
- Kouassi AM. 2005. Hydrochimie et qualité des eaux de deux lagunes tropicales de Côte d'Ivoire. Thèse de Doctorat, Université de Cocody (Abidjan), Côte d'Ivoire. p. 242.
- Mbakwiravyo KD, 2009. Notes de cours d'écologie générale. Facultés des Sciences, Université de conservation de la nature et de développement de Kasugho. Tayna Center for Conservation Biology. p. 96. DOI: <https://www.memoireonline.com/08/10/3782/Notes-decologie-generale.html>
- MIPARH. 2009. Plan directeur des pêches et de l'aquaculture 2010 – 2025, rapport après atelier (25 mai 2009). Ministère de la production animale et des ressources halieutiques. p. 80. DOI : <http://webcache.googleusercontent.com/search?q=cache:FQONNj7ytFUJ:lists.stir.ac.uk/pipermail/sarnissa-french-aquaculture/attachments/20090605/a7f2d5d3/attachment-0006.doc+&cd=1&hl=fr&ct=clnk&gl=ci>
- Moisan J, Pelletier L. 2008. Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec : cours d'eau peu profonds à substrat grossier. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, p. 86. DOI: www.mddep.gouv.qc.ca/eau/eco_aqua/macroinvertebre/surveillance/benthiques.pdf
- Mucheso JM, Muhigwa B, Isumbisho M, Kalakuko K, Bagalwa J., Irengé B. 2017. Diversité des macroinvertébrés benthiques et paramètres physicochimiques de la rivière Tshula, dans le bassin du Lac Kivu, RD Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, **32**(2): 219-233. DOI : <http://www.issr-journals.org/links/papers.php?journal=ijisr&application=pdf&article=IJISR-17-082-01>
- Olapoju OA, Edokpayi CA. 2014. Ecological study on the impact of mariculture fish cage site on the physico-chemical characteristics of Lagos Lagoon, south western Nigeria. *Journal of Ecology and the Natural Environment*, p. 8. DOI: <http://dx.doi.org/10.5897/JENE2014.0471>
- Olomukoro JO, Ezemonye LIN. 2006. Assessment of the macroinvertebrate fauna of rivers in Southern Nig. *African Zoology*, **42**(1): 1-11. DOI: <https://doi.org/10.1080/15627020.2007.1407371>
- Peeters ETH, Gylstra R, Vos JH. 2004. Benthic macroinvertebrate community structure in relation to food and environmental variables. *Hydrobiologia*, **519**: 103-115. DOI: <http://dx.doi.org/10.1023/B:HYDR.0000026497.48827.70>
- Price C., Black DK, Hargrave TB, Morris jr AJ. 2015. Marine cage culture and the environment: effects on water quality and primary production. *Aquaculture environment interactions*, **6** : 151-174. DOI: <http://dx.doi.org/10.3354/aei00122>
- Sanogo S, Kabre JAT, Cecchi P, 2014. Inventaire et distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés bioindicateurs de trois plans d'eau du bassin de la Volta au Burkina Faso. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **8**(3): 1005-1029. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v8i3.16>
- Sarr SM, Thiam A, Faye EH, Sene M, Ndiaye M, 2015. Production d'alevins de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) avec 3 aliments à base de sous-produits agro-industriels au Nord du Sénégal. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(5): 2598-2606. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i5.29>
- Schenone NF, Vackova L, Cirelli AF. 2011. Fish-farming water quality and

- environmental concerns in Argentina: a regional approach. *Aquaculture International*, **19**: 855-863. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10499-010-9404-x>
- Strictar-Pereira L, Agostinho AA, Gomes LC. 2010. Cage culture with tilapia induces alteration in the diet of natural fish populations: the case of *Auchenipterus osteomystax*. *Brazilian Journal of Biology*, **70**: 1021-1030. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-69842010000500015>.
- Tachet H, Richoux P, Bournaud M, Usseglio-Polatera P. 2010. Invertébrés d'eau douce : systématique, biologie, écologie. Paris, CNRS. p. 608.
- Tshijik JK, Ifuta SN, Mbaya AN, Pwema VK, 2015. Influence du substrat sur la répartition des macroinvertébrés benthiques dans un système lotique : cas des rivières Gombe, Kinkusa et Mangengenge. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(2): 970-985. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i2.33>
- UICN. 2007. Guide pour le développement durable de l'aquaculture méditerranéenne. Interactions entre l'aquaculture et l'environnement. Union Internationale pour la Conservation de la Nature, Gland, Suisse et Malaga, Espagne. VI +. p. 110. DOI : https://www.iucn.org/sites/dev/files/import/downloads/acua_fr_fin_al_1.pdf
- Yuccel-Gier G, Kucuksezgin F, Kocak F. 2007. Effects of fish farming on nutrients and benthic community structure in the Eastern Aegean (Turkey). *Aquaculture Research*, **38** : 256-267. DOI : <https://doi.org/10.1111/j.1365-2109.2007.01661.x>