

Indicateurs Biologiques de la Qualité de l'Eau dans le Delta du Fleuve Ouémé

Olivier V. AZONNAKPO¹ ; Euloge K. AGBOSSOU² ; Taofiki AMINOU³

¹ Ecole Doctorale Pluridisciplinaire de la FLASH, Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Bénin,

² Institut National de l'Eau (INE), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Bénin. Laboratoire d'Hydraulique et de Maîtrise de l'Eau (LHME), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Bénin.

³ Faculté des Sciences et Techniques (FAST), Université d'Abomey-Calavi (UAC), Cotonou, Bénin



Résumé – Le but de cette étude est de contribuer à une meilleure connaissance de l'état de l'eau dans le delta de l'Ouémé.

La démarche méthodologique adoptée repose sur des analyses de laboratoire. Durant la période allant de Juin 2017 à Octobre 2019, des campagnes d'échantillonnage ont été organisées sur six (06) points de prélèvement d'eau afin de couvrir toute la zone d'étude et d'avoir des informations aussi diversifiées que possible. (Figure N°VI-01). Des mesures in situ et des prélèvements d'eau ont été réalisés au niveau de la zone d'étude pour les analyses au laboratoire.

La pollution des eaux, vient au tout premier rang des causes de dégradation des écosystèmes dulçaquicoles, et résulte du rejet dans ces derniers d'effluents chargés de matières organiques fermentescibles et de nombreux agents pathogènes qui leur sont généralement associés.

Les résultats obtenus ont montré que la pollution est modérée dans le delta de l'Ouémé, cependant elle n'est pas nulle.

La corrélation des paramètres avec les deux axes montre que le pH, le phosphate PO₃₋₄, la DCO et la DBO₅ sont positivement corrélés avec l'axe1.

Les taux élevés de matières organiques mises en évidence par les faibles valeurs de l'IPO (2,31 – 2,76) indiquent une forte pollution organique due à la faible minéralisation des matières organiques.

L'étude des indicateurs de la qualité de l'eau dans le delta du fleuve Ouémé à travers les éléments physico-chimiques mesurés permet de constater que les paramètres considérés varient dans l'espace et selon les périodes saisonnières.

Mots clés – Delta de l'Ouémé, Indicateurs de pollution de l'eau, dégradation, écosystème, paramètres, corrélations.

I. INTRODUCTION

Les activités humaines exercent des pressions se traduisant par des effets multiples sur les milieux aquatiques: pollutions chimiques, anthropisation des territoires, altérations hydro morphologiques, etc.

Au cours des dernières décennies, les ressources d'eau du Bénin ont subi plusieurs pressions anthropiques qui ont entraîné l'érosion des rives, un déclin de certaines populations animales et végétales et une dégradation de la

qualité de l'eau. Ainsi, la plupart des eaux superficielles du Bénin renferment de nombreux polluants (Bonou et Gnonlonfin, 1999 ; Soclo, 2002 et Yehouenou Pazou, 2006). Les populations qui manipulent ces eaux sans traitement pour divers besoins sont exposées à toutes sortes de maladies hydriques qui font l'objet de plus de 40% des consultations médicales depuis des années dans les centres de santé des localités environnantes (MSP, 2007). Ainsi, les populations de la zone deltaïque ne sont pas épargnées de ces maladies du

fait que la pollution de ses sources d'eau n'épargne pas les retenues d'eau installées dans ledit Delta.

La présente étude vise à déterminer la qualité biologique de l'eau dans les plans et les retenues d'eau situés dans le Delta de l'Ouémé en vue de renseigner d'une part les populations riveraines qui l'utilisent et d'autre part les usines de production d'eau potable en place sur l'évolution du nombre des agents pathogènes et les sources de ces contaminations avant les traitements.

II. INDICATEURS BIOLOGIQUES DE LA POLLUTION

Un écosystème apparaît comme un ensemble intégré du biotope et de la biocénose, une unité fonctionnelle résultant d'un ensemble de relations et d'interactions existant entre espèces, entre paramètres du milieu, puis entre espèces et paramètres (Nyamsi Tchatcho, 2004). Les biocénoses soumises à des flots polluants peuvent témoigner par les fluctuations de la qualité des eaux qui les abritent et servir ainsi d'indicateurs biologiques de la pollution (Tuffery, 1980). Deux principaux types de méthodes biologiques de détermination de la pollution sont utilisés :

- celles fondées sur la présence d'organismes considérés comme indicateurs d'un type donné de contamination (analyses bactériologiques, le système des saprobies, etc...),
- celles basées sur l'examen global ou partiel des peuplements aquatiques (analyse biocénotique, indice biotique, etc ...).

III. APPROCHE METHODOLOGIQUE

Pour la détermination des caractéristiques biologiques, des échantillons d'eau prélevés dans les cours d'eau, plans d'eaux et nappes souterraines ont été également analysés au laboratoire de qualité d'eau de la Direction générale de l'eau et au Laboratoire de la Direction Nationale de Santé Publique (DNSP) du Ministère de la Santé.

IV. LES POINTS DE PRELEVEMENT ET CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE D'EAU

Comme les ressources concernent à la fois les cours d'eau et les plans d'eau situés dans la zone deltaïque, des stations ont été identifiées de telle sorte que toute la zone d'étude ait été couverte. Le choix de ces stations est basé sur la nature des eaux (eaux polluées, eaux naturelles), la facilité d'accès

et de prélèvement et la situation des points de prélèvement par rapport aux rejets polluants.

Durant la période allant de Juin 2017 à Octobre 2019, des campagnes d'échantillonnage ont été organisées sur six (06) points de prélèvement d'eau afin de couvrir toute la zone d'étude et d'avoir des informations aussi diversifiées que possible. (Figure N°VI-01). Des mesures in situ et des prélèvements d'eau ont été réalisés au niveau de la zone d'étude pour les analyses au laboratoire.

L'échantillonnage des eaux se fait dans des flacons stériles de 500 ml. Leur transport au laboratoire s'effectue dans une glacière pour maintenir la température de 4°C.

Afin d'estimer globalement la pollution organique dans la zone d'étude et de bien visualiser l'évolution spatio-temporelle de cette pollution, nous avons fait recours à un indice synthétique : l'indice de Pollution Organique (IPO) (Mounjid *et al.*, 2014).

V. ANALYSES ET INTERPRETATION DES DONNEES

Les paramètres biologiques mesurés sur les échantillons d'eau sur différents sites et pendant les deux saisons ont fait l'objet d'analyses descriptives univariées et multivariées. Le test de normalité (test de Shapiro) et d'égalité des variances (test de Levene) ont été les analyses univariées réalisées. Il s'agit en effet des conditions nécessaires pour la réalisation de l'analyse des variances (Anova). L'analyse des variances a permis d'identifier l'existence ou non de différence significative des paramètres mesurés suivant le site et la saison. Une fois la différence identifiée, le test post hoc de structuration des moyennes de Student-Newman-Keuls (SNK) a été effectué pour ressortir les sites et les saisons similaires. Ensuite, une analyse en composante principale (ACP) a été réalisée sur l'ensemble des paramètres biologiques mesurés qui ont été significativement influencés par paramètres mesurés afin de décrire le lien entre eux. Elle a été faite avec les bibliothèques << FactoMineR>> et << factoextra>>.

Les analyses ont été faites dans le logiciel R version 3.6.1 (R Core Team, 2019).

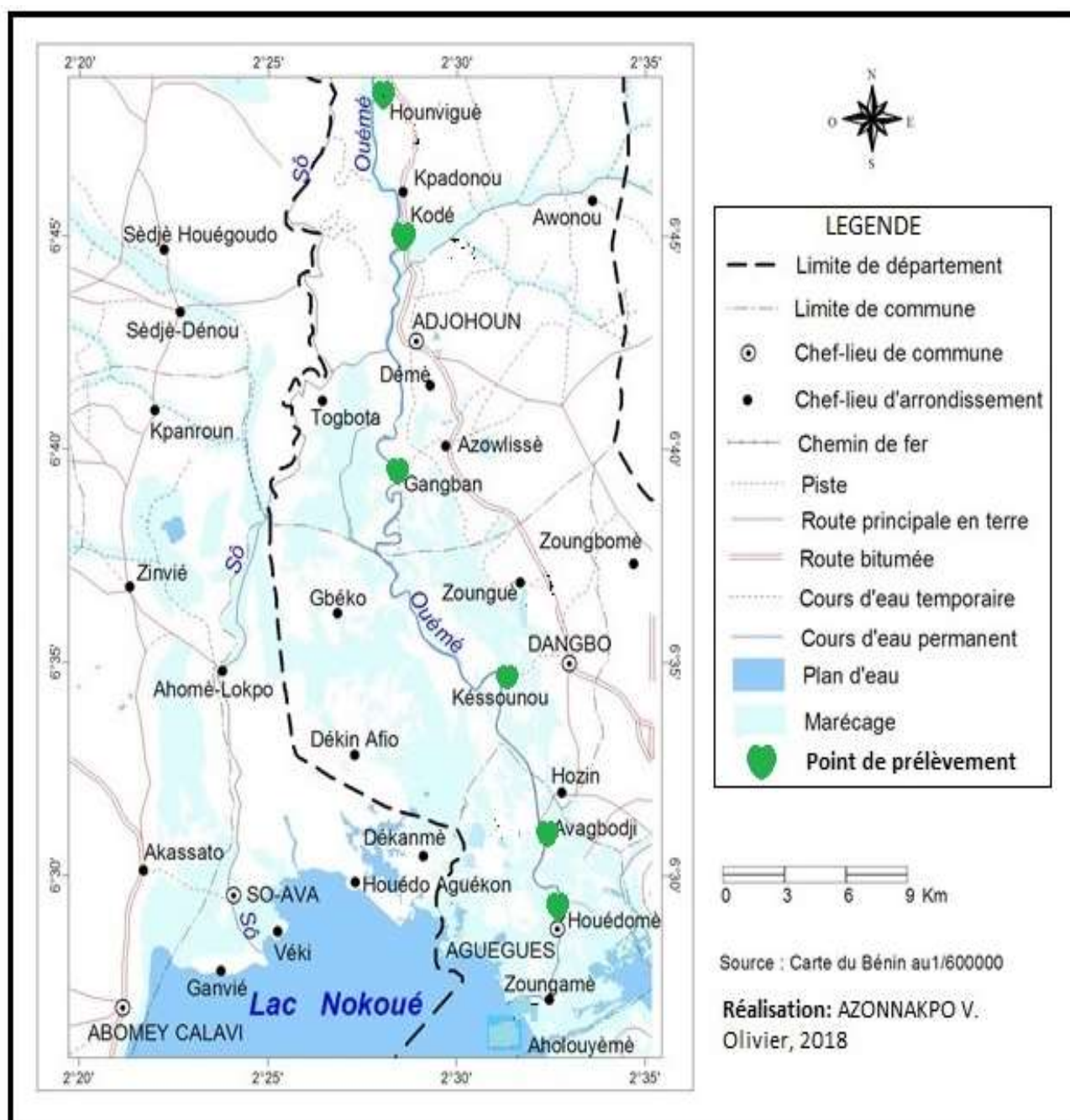


Figure N°VI-01: Station d'échantillonnage

5.1. Indice de Pollution Organique « IPO »

L'Indice de Pollution Organique (IPO) a été proposé pour la première fois par

Leclercq et Maquet (1987). Cet indice permet d'apprécier la qualité des eaux impactées par la pollution organique réelle à partir des paramètres ortho phosphates (PO_4^{3-}), ammoniacque (NH_4^+), nitrates (NO_3^-), nitrites (NO_2^-) et la demande biochimique en oxygène pendant 5 jours (DBO5).

Les valeurs de ces paramètres sont réparties en 5 classes ayant chacune une signification écologique liée aux modifications induites dans les peuplements benthiques. L'indice IPO représente la moyenne des numéros des classes pour chaque paramètre et les valeurs de cet indice sont réparties en cinq classes représentant des niveaux de pollution s'étendant du moins pollué (classe 5) au plus pollué (classe 1). Cet indice a été utilisé avec succès dans plusieurs pays, donc par de

nombreux chercheurs (Fawzi *et al.*, 2001; Bahroun et Kherici Bousnoubra 2011; Chaoui *et al.*, 2013).

VI. RESULTATS

L'analyse des paramètres biologiques (végétaux, invertébrés, poissons) permet de donner une vision de synthèse de la qualité des milieux. En effet, ces organismes vivants réagissent aux conditions des milieux (milieu physique, habitat, qualité des eaux...) et intègrent l'ensemble des perturbations du système.

6.1. Effet de la saison et du site sur les paramètres biologiques

Le tableau N°VI-01 présente l'influence de la saison et du site de collecte sur les paramètres biologiques de l'eau. On

retient que la saison influence significativement le pH, l'azote total, le phosphates PO₄, l'oxygène dissous, la DCO, la DBO₅ et la salinité (Prob < 0,05). Par ailleurs, le site de collecte influence significativement sur la DCO et la DBO₅. Les valeurs de pH, l'azote total, le phosphates PO₄, l'oxygène dissous, la DCO et de salinité sont plus importante en saison sèche qu'en saison humide tandis que l'eau de la saison des pluies est plus concentrée est DBO (Tableau N°VI-02). Enfin, le site de Bonou présente l'eau la plus concentrée en DCO alors que ceux de Avagbodji, de Hétin et de Kessounou en présente les plus faibles. Les sites de Azowlissè et de Bonou sont plus concentrés en DBO₅ tandis que celui de Avagbodji présente la plus faible valeur par rapport à ce paramètre.

Tableau N°VI-01: Effet de la saison et du site de collecte sur les paramètres biologiques

Facteurs	Df	F value	Pr(>F)
Température			
Saison	1,000	0,125	0,742
Site	4,000	0,670	0,646
pH			
Saison	1,000	186,726	<0,001***
Site	4,000	1,309	0,400
Conductivité Electrique			
Saison	1,000	1,160	0,342
Site	4,000	0,979	0,508
Matières en suspension			
Saison	1,000	1,645	0,269
Site	4,000	0,985	0,506
Azote total			
Saison	1,000	7,626	0,040*
Site	4,000	2,020	0,256
Phosphates PO₄			
Saison	1,000	18,463	0,012 *
Site	4,000	3,791	0,113
Oxygène dissous			
Saison	1,000	6,212	0,047*
Site	4,000	0,506	0,737
DCO			
Saison	1,000	403,300	<0,001***
Site	4,000	6,200	0,042 *
DBO₅			
Saison	1,000	271,385	<0,001***
Site	4,000	5,769	0,049 *

Salinité			
Saison	1,000	42,471	0,002**
Site	4,000	4,529	0,086.

Tableau N°VI-02: Comparaison multiples des moyennes de paramètres biologiques

Niveaux des facteurs	Température	pH	Conductivité Electrique	Matières en suspension	Azote total
Saison					
Saison de pluie	27,54 ± 0,84 a	6,24 ± 0,27 b	453,32 ± 736,12 a	237,81 ± 362,27 a	0,59 ± 0,29 b
Saison sèche	27,38 ± 0,37 a	7,86 ± 0,08 a	96,80 ± 9,88 a	29,25 ± 1,61 a	1,59 ± 0,95 a
Site					
Avagbodji	26,92 ± 1,15 a	6,96 ± 1,29 a	930,00 ± 1187,93 a	453,44 ± 603,23 a	1,78 ± 1,44 a
Azowlissè	27,35 ± 0,54 a	6,94 ± 1,36 a	108,16 ± 5,88 a	59,61 ± 41,56 a	0,99 ± 0,15 a
Bonou	27,92 ± 0,31 a	7,22 ± 1,06 a	111,65 ± 7,99 a	33,34 ± 3,06 a	0,25 ± 0,19 a
Hétin	27,83 ± 0,46 a	7,22 ± 0,89 a	113,50 ± 17,67 a	30,77 ± 2,54 a	0,97 ± 0,60 a
Kessounou	27,28 ± 0,39 a	6,92 ± 1,14 a	112,00 ± 41,01 a	90,50 ± 86,96 a	1,47 ± 1,16 a

Tableau N°VI-02: Comparaison multiples des moyennes de paramètres biologiques (suite)

Niveaux des facteurs	Phosphates PO4	Oxygène dissous	DCO	DBO5	Salinité
Saison					
Saison de pluie	4,17 ± 0,71 b	4,546 ± 0,68 b	15,2 ± 1,92 b	5,8 ± 1,92 b	0,05 ± 0,01 a
Saison sèche	5,11 ± 0,25 a	6,014 ± 0,91 a	26,2 ± 1,30 a	14,2 ± 0,83 a	0,01 ± 0,01 b
Site					
Avagbodji	4,02 ± 1,21 a	5,03 ± 0,02 a	19,5 ± 9,19 c	8,0 ± 7,07 c	0,05 ± 0,03 a
Azowlissè	5,00 ± 0,45 a	5,13 ± 0,08 a	21,5 ± 7,77 b	11,0 ± 5,65 a	0,03 ± 0,01 a
Bonou	5,23 ± 0,29 a	5,08 ± 2,10 a	23,0 ± 7,07 a	11,5 ± 4,94 a	0,02 ± 0,02 a
Hétin	4,45 ± 0,66 a	6,11 ± 1,54 a	20,0 ± 7,07 c	10,0 ± 5,65 b	0,02 ± 0,02 a
Kessounou	4,52 ± 0,70 a	5,04 ± 1,42 a	19,5 ± 7,77 c	9,5 ± 6,36 b	0,02 ± 0,03 a

6.2. Relation entre les paramètres biologiques et les sites de collecte

D'après les résultats précédents, la saison influence significativement les paramètres biologiques de l'eau. Nous allons à présent décrire le lien entre ces paramètres à l'aide d'une analyse en composante principales (ACP). Cette dernière sera faite par saison (saison des pluies et saison sèche).

6.3. Relation entre les paramètres biologiques et les sites de collecte en saison des pluies

Les résultats de l'analyse en composante principale des biologiques révèlent que les deux premiers axes expliquent à

87,33% l'influence de ces paramètres sur l'eau. La corrélation des paramètres avec ces deux axes (Tableau N°VI-03) montre que le pH, le phosphate PO_4^{3-} , la DCO et la DBO5 sont positivement corrélés avec l'axe1 tandis que l'azote total est négativement corrélé avec ce dernier. La salinité est positivement corrélée avec l'axe2 tandis que l'oxygène dissous l'est négativement. La projection des sites de collecte dans le plan factoriel formé par les deux axes montre que le site d'Avagbodji est caractérisé par la salinité de ses eaux. Le site d'Azowlissè est le site des eaux ayant un pH élevé et une valeur élevée de la DCO. Les eaux de Bonou ont des DBO5 élevées.

Tableau N°VI-03: Corrélation entre les paramètres biologiques et les deux premières dimensions

Paramètres biologiques	Axe1	Axe2
pH	0,721	0,515
Azote total	-0,955	0,194
Phosphates PO4	0,954	0,118
Oxygène dissous	0,234	-0,848
DCO	0,851	0,466
DBO5	0,915	-0,160
Salinité	-0,417	0,839

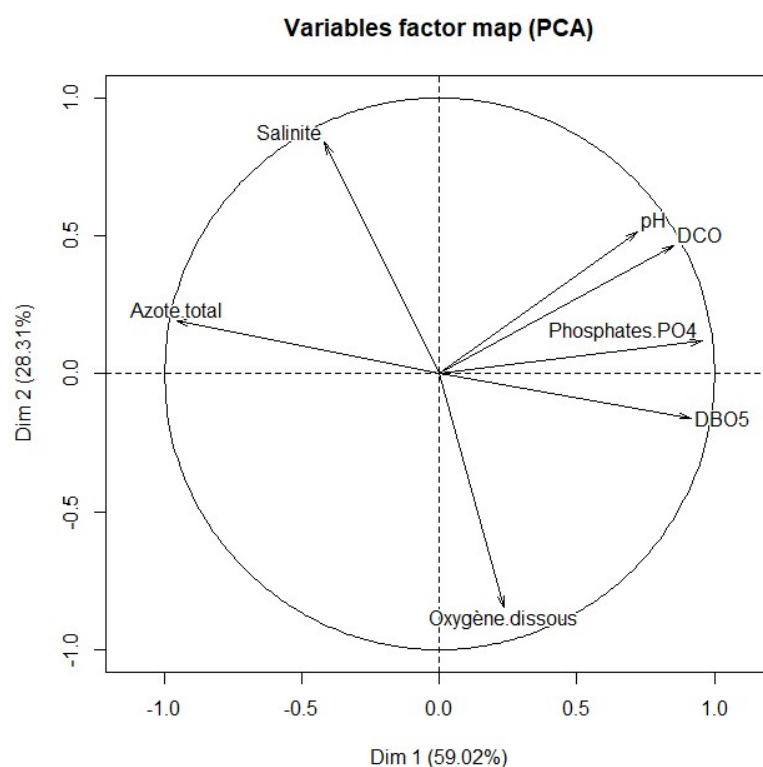


Figure N°VI-02: Corrélation des paramètres biologiques avec les deux premières dimensions

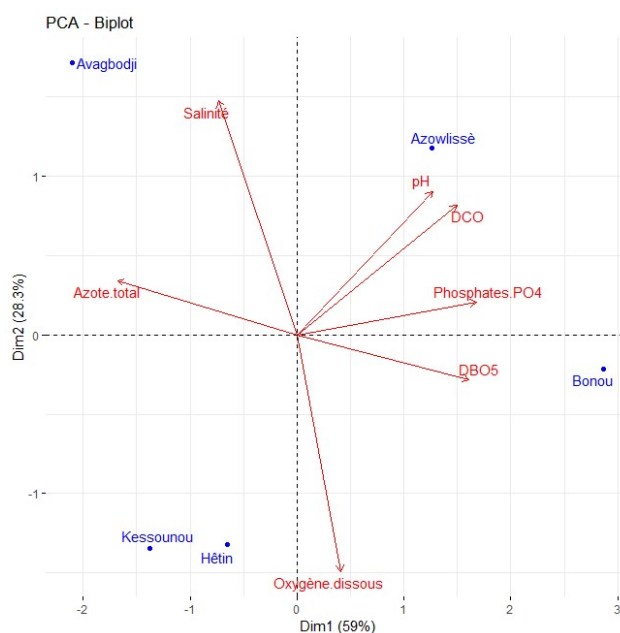


Figure N°VI-03: Biplot des paramètres biologiques et des sites

6.4. Relation entre les paramètres biologiques et les sites de collecte en saison sèche

Les résultats de l'analyse en composante principale des biologiques révèlent que les deux premiers axes expliquent environ à 85,19% l'influence de ces paramètres sur l'eau. La corrélation des paramètres avec ces deux axes (Tableau N°VI-04) montre que le pH, le phosphate PO_4^{3-} , la DCO et la

DBO sont positivement corrélés avec l'axe1 tandis que l'azote total, l'oxygène dissous et la salinité sont négativement corrélés avec ce dernier. Seul l'azote total est positivement corrélé avec l'axe2. La projection des sites de collectes dans le plan factoriel formé par les deux axes montre que le site de Avagbodji est particulièrement marqué par la salinité de ses eaux tandis Bonou est caractérisé par de forte valeur de pH.

Tableau N°VI-04: Corrélation entre les paramètres biologiques et les deux premières dimensions

Paramètres biologiques	Axe1	Axe2
pH	0,603	-0,499
Azote total	-0,777	0,619
Phosphates PO_4	0,918	0,349
Oxygène dissous	-0,641	0,472
DCO	0,950	0,149
DBO5	0,946	0,318
Salinité	-0,833	-0,387

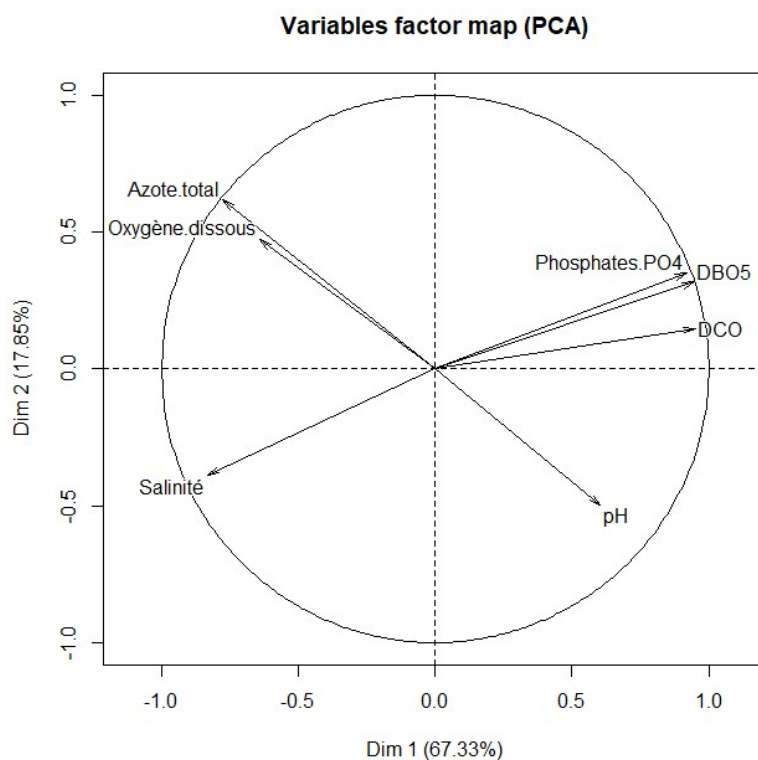


Figure N°VI-04: Corrélation des paramètres biologiques avec les deux premières dimensions

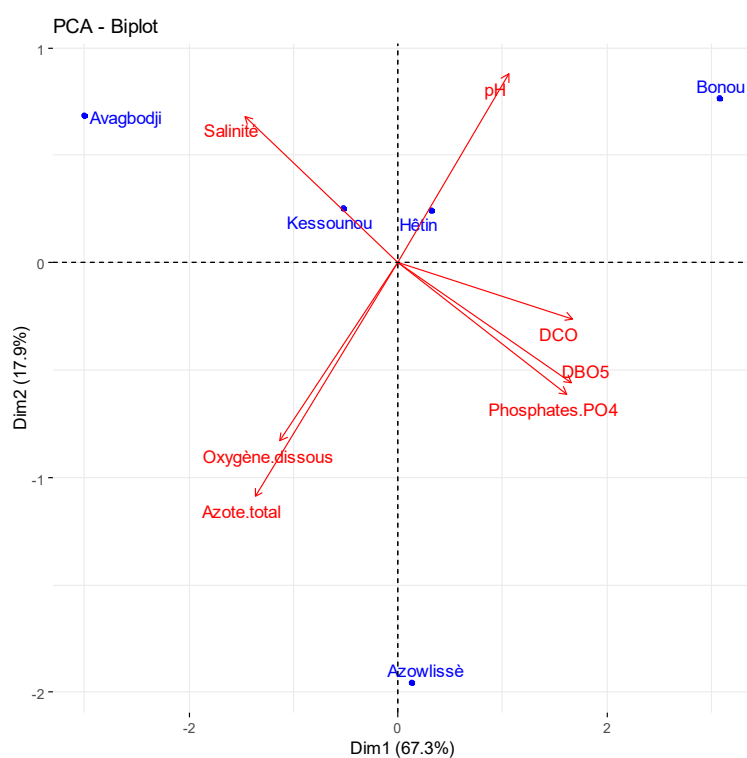


Figure N°VI-05: Biplot des paramètres biologiques et des sites

6.5. Indice de Pollution Organique (IPO)

Les valeurs de l'IPO calculées aux différentes stations de référence pendant toute la période d'étude se sont échelonnées entre 3 et 5 indiquant que les eaux auraient présentées des niveaux de pollution organique faible à Forte. La distribution de fréquence des valeurs de l'IPO, selon les

différentes classes de qualité, indique qu'au cours de cette période, les eaux auraient été essentiellement sujettes à une pollution organique modérée à forte (respectivement 50 % et 33,33% des observations). Aucune observation n'indique une pollution organique très forte et nulle. Par contre, très peu d'observations (16, 67 %) indiquent une pollution organique faible (Figure N°VI-06)

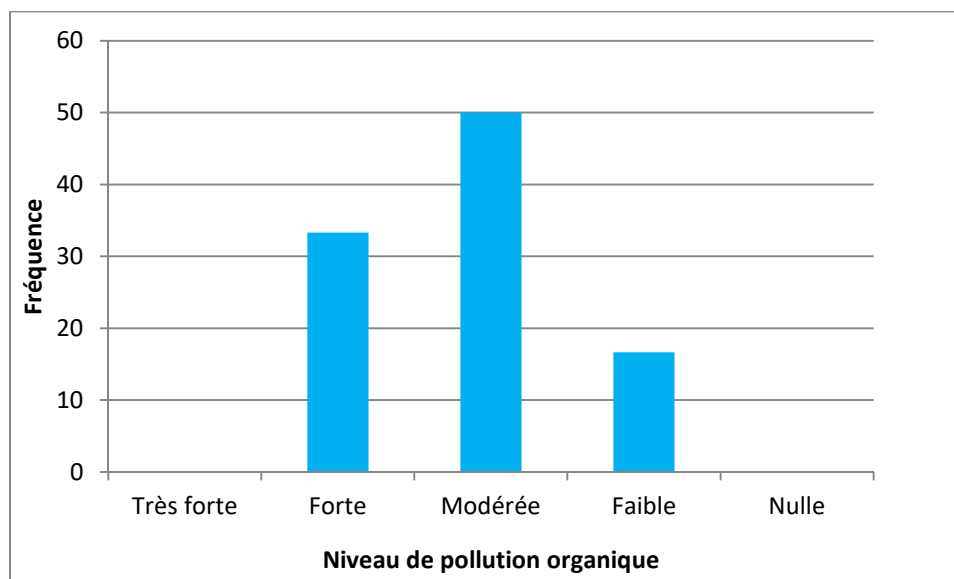


Figure N°VI-06 : Distribution de fréquence des valeurs de l'IPO, calculé pour chacune des stations pendant la période d'étude.

Le suivi spatiotemporel des valeurs de l'IPO calculé aux différentes stations de référence montre globalement que les eaux de quelques stations, situées en amont, seraient de moins bonne qualité. L'IPO moyen calculé pour chacune des stations impliquées dans l'étude confirme les observations précédentes et donne à penser à l'existence d'un gradient de la qualité de l'eau, décroissant de l'aval à l'amont des cours d'eau dans la zone deltaïque. Les valeurs de l'Indice de Pollution Organique (IPO) et les niveaux de qualité correspondants sont donnés dans le tableau N°VI-05.

Globalement, ces valeurs oscillent entre 2,31 (pollution organique forte) et 4,41 (pollution organique faible). On note que les stations situées en aval du delta sont fortement polluées avec des valeurs faibles de l'IPO qui tournent autour de 2. Ensuite l'IPO remonte pour atteindre la valeur 4,41 (station Kessounou) qui traduit une pollution faible. Enfin les valeurs de l'IPO chutent et se stabilise à un niveau de pollution modérée dans les autres stations situées en amont du delta.

Tableau N°VI-05: Indice de Pollution Organique (IPO) des stations

Stations	IPO	Pollution	Cartographie
HOU	2,76	Forte	Orange
KOD	2,31	Forte	Orange
GAN	3,36	Modérée	Jaune
KES	4,41	Faible	Vert
AVA	3,33	Modérée	Jaune
HOUE	3,36	Modérée	Jaune

HOU : Hounviguè ; KOD : Kodé ; GAN : Gnagan ; KES : Kessounou ; AVA : Avagbodji ; HOUE : Houédomè

Les valeurs de l'Indice de Pollution Organique (IPO) et les niveaux de qualité correspondants sont donnés dans le tableau VI-05. Globalement, ces valeurs oscillent entre 2,31 (pollution organique forte) et 4,41 (pollution organique faible).

VII. DISCUSSION

L'étude des indicateurs de la qualité de l'eau dans le delta du fleuve Ouémé à travers les éléments physico-chimiques mesurés permet de constater que les paramètres considérés varient dans l'espace et selon les périodes saisonnières.

Selon Onyema et Ojo (2008), la répartition dynamique des organismes dépend d'un ensemble de facteurs environnementaux dont la température de l'eau, la pénétration de la lumière, la chimie de l'eau (particulièrement le pH, l'oxygène dissout, la salinité, les contaminants toxiques), la disponibilité de nourriture (algues, bactéries) et la prédation exercée par les poissons et les invertébrés. La qualité de l'eau dans le delta de l'Ouémé à travers les indicateurs physico-chimiques mesurés permet de constater que les indicateurs considérés varient dans l'espace et selon les saisons.

Globalement, pendant la saison des pluies la plupart des variables (le pH, l'oxygène dissout, la DCO, matières azotées et phosphorées) sont faibles à cause des apports d'eau que le milieu reçoit et qui contribuent à leur dilution tandis que l'eau de la saison des pluies a une DBO élevée. Ainsi, une faible conductivité pour un cours d'eau est également synonyme d'une faible minéralisation des sels en présence dans le milieu. (Ben Moussa et al., 2012). En revanche, pendant la saison sèche, on observe des valeurs élevées de la transparence et du pH. Ces tendances observées sont corroborées par les études de Chikou (2006) dans le delta de l'Ouémé. La corrélation des paramètres avec les deux axes montre que le pH, le phosphate PO_4^{3-} , la DCO et la DBO5 sont positivement corrélés avec l'axe1.

Les taux élevés de matières organiques mises en évidence par les faibles valeurs de l'IPO (2,31 – 2,76) indiquent une forte pollution organique due à la faible minéralisation des matières organiques. En effet, au cours du transport des déchets agricoles, du lessivage des terres agricoles et des rejets des effluents domestiques les stations situées en aval sont plus impactées par la pollution que celles d'amont (Yehouénou-Pazou, 2005). Selon plusieurs auteurs (Ansa Asare et al., 2000; Li et al., 2009) les activités humaines engendrent une forte concentration de nutriments (azote et phosphore) et contribuent au déséquilibre des mécanismes naturels de recyclages de ces nutriments dans le milieu aquatique (Sondergaard et al., 2003).

Nos résultats sont conformes à ceux de ces auteurs qui prouvent que la pollution des eaux du delta est fonction des activités humaines.

Cela confirme les études qui ont été menées par Nyamsi Tchatcho (2004) sur la qualité des eaux du Ntsomo au Cameroun. Cet auteur montre que les cours d'eau hébergent de fortes densités de bactéries fécales, ce qui indique pour les populations riveraines d'importants risques épidémiologiques liés aux différents usages des eaux. L'origine des souillures fécales varie d'un site à un autre et peut être surtout humaine, animale ou même mixte ; ce qui traduit, selon le cas, la nature des activités anthropiques menées dans les secteurs environnants. Ainsi, les populations riveraines en utilisant ces eaux s'exposent à des risques sanitaires.

VIII. CONCLUSION PARTIELLE

La pollution des eaux, qui vient au tout premier rang des causes de dégradation des écosystèmes dulçaquicoles, résulte du rejet dans ces derniers d'effluents chargés de matières organiques fermentescibles et de nombreux agents pathogènes qui leur sont généralement associés.

Les résultats obtenus ont montré que la pollution est modérée dans le delta de l'Ouémé, cependant elle n'est pas nulle.

REFERENCES

- [1] Adandedjan D., Makponse E., Hinvi L.C. et Laleye P. (2017) : Données préliminaires sur la diversité du zooplancton du lac Nokoué (Sud-Bénin). *Journal of Applied Biosciences* 115: pp 11476-11489
- [2] ASEF, 2010. Pollution de l'eau : origines et impacts. Synthèse de travail, 7 pages.
- [3] Beauger A. 2008. Bio-évaluation de la qualité de l'eau: établissement d'un protocole d'échantillonnage simplifié, basé sur la collecte des macroinvertébrés benthiques sur les seuils des rivières à charge de fond graveleuse. Thèse de doctorat en écologie. Université Blaise Pascal - Clermont-Ferrand II; Université d'Auvergne - Clermont-Ferrand I, 2008. Français. <NNT : 2008CLF21860>. <tel-00730658>, 563 pages.
- [4] Billen G., Garnier J., Servais P., Brion N., Ficht A., Even S., Berthe T., et Poulin M. (1999). L'oxygène: un témoin du fonctionnement microbiologique. Paris: Ifremer, 89 p.
- [5] Bonou C. et Gnonlonfin L. 1999. Analyse de la dégradation des ressources des zones humides et de ses causes. Programme d'Aménagement des Zones Humides (PAZH). Agence Béninoise pour l'Environnement,

- Ministère de l'Environnement, de l'Habitat et de l'Urbanisme, (Rép. du Bénin) Rapport définitif, 105 pages.
- [6] Brönmark C. et Hansson L.A. 2000. The organism : The actors within the abiotic frame. In: C. Brönmark, L.A. Hassan (Eds), The biology of lake and ponds. New York: Oxford University press, 78 p.
- [7] Dajoz R. 1985. Précis d'écologie. Paris : Bordas.
- [8] Durand, J. R. et Levêque, C. 1991. Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahelo-soudanienne. Tome II. Paris: Edition de l'ORSTOM.
- [9] Esquieu Y. 2001. La ville au Moyen Age, l'exemple français. Editions Alain Sutton. 155p.
- [10] EUROFIN, 2016. Evaluation de la qualité physico-chimique et biologique de la Dore Moyenne et ses affluents – état initial 2014-2015
- [11] Karr J.R. et Chu E.W. 2000. Sustaining living rivers. *Hydrobiologia*, 422/423, pp 1-14.
- [12] knorr, D.F. et Fairchild, W.C. 1987. Periphyton, benthic invertebrates and fishes as biological indicators of water quality in the East Branch Braudywine Greek. *Proc.Pa.Acad.Sci.*, 61, pp 61-66.
- [13] Lorenzen C.J. 1967. Determination of chlorophyll and phaeopigments spectrophotometric equations. *Limnol. Oceanogr.*, 12; pp 343-346.
- [14] MSP, 2007. Rapports épidémiologiques sur la santé au Bénin. Système National d'Information et de Gestion Sanitaire, SNIGS/DPP/MSP (1998, 2004, 2005, 2006 et 2007).
- [15] Niemi G. J., Devore P., Detenbeck N., Taylor D., Lima A., Pastor J., Yount J.D., Naiman R.J. 1990. Overview of case on recovery of aquatic system from disturbance environ. *Management*, 14, pp 571-588.
- [16] Nyamsi Tchatcho L.N. 2004. Effets des rejets d'une usine de traitement de la cellulose sur la qualité des eaux du Ntsomo : Etude hydrologique et biologique du cours d'eau. Mémoire de DEA en Hydrobiologie et Environnement. Université de Yaoundé I.
- [17] Odum E.P. 1971. *Fundamental of ecology*. Third edition, Saunders college publishing (ed.).
- [18] Okogwu O.I. 2009. Seasonal variations of species composition and abundance of zooplankton in Ehoma Lake, a floodplain lake in Nigeria. *Revista de Biologia Tropical*, 58(1): pp 171-182.
- [19] Onyema I.C. and Nwankwo D.I. 2006. The epipellic assemblage of a polluted estuarine creek in Lagos, Nigeria. *Pollution Research*, 25(3): pp 459-468.
- [20] Onyema I.C. and Ojo A.A. 2008. The zooplankton and phytoplankton biomass in a tropical creek, in relation to water quality indices. *Life Science Journal*, 5(4): pp 75-82.
- [21] Pourriot R. 1980. Rotifères. In Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahelo-soudanienne Société Linnéenne de Lyon, 53e année, no 3 et 4.
- [22] Pourriot R., Benest D., Champ P., et Rougier C. (1982). Influence de quelques facteurs du milieu sur la composition et la dynamique saisonnière du zooplancton de la Loire. *Acta Oecologia*, (3), pp 353 - 371.
- [23] Richards C. et Host G.E. 1993. Identification of predominant environmental factors Structuring stream macroinvertebrate communities within a large agricultural catchments. *Fresh water Biol.*, 29, pp 285-294.
- [24] Soclo H.H. 2002. Suivi de la qualité des plans d'eau des zones humides du Sud-Bénin. PAZH, Rapport intérimaire, p. 25.
- [25] Steward P.M. et Robertson D.J. 1992. Aquatic organisms as pollution indicators of water quality in suburban streams of the lower Delaware River Region. USA. *Proc. Pa. Acad.Sci.*, 66, pp 135 - 141.
- [26] Steward P.M., Butcher J.T. et Swinford T.O. 2000. Land use, habitat and water quality effects on macroinvertebrate communities in three watersheds of a Lake Michigan associated marsh system. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 3, pp 179 - 189.
- [27] Tachet H. et Bournaud M. 1980. Introduction à l'étude des macro-invertébrés des eaux douces; systématiques élémentaires et aperçu écologique. Paris : Bordas.
- [28] Tuffery G. 1980. Incidences écologiques de la pollution des eaux courantes. *Révélateurs biologiques de pollution*. In: P. Pesson (Eds). La pollution des eaux continentales. Paris : Gauthier - Villars.
- [29] Verneaux J. (1980). Fondements biologiques et écologiques de l'étude de la qualité. Document scientifique, 93 p.
- [30] Yehouenou Pazou A.E. 2006. Les résidus de pesticides chimiques de synthèse dans les eaux, les sédiments et les espèces aquatiques du bassin versant du fleuve Ouémé et du lac Nokoué. Thèse de Doctorat Unique, Université d'Abomey- Calavi, 217 pages.
- [31] Zébazé S.H. 2000. Biodiversité et dynamique des populations zoo planctoniques (ciliés, rotifères, cladocères, copépodes) du Lac Municipal de Yaoundé (Cameroun), Thèse de Doctorat de Troisième Cycle, Université Yaoundé I, Cameroun, 175 p.