



## Impacts des activités anthropiques (agricoles, ménagères et urbaines) sur la communauté des macroinvertébrés de la rivière Okpara au Bénin

Koudjodé Simon Abahi<sup>1\*</sup>, Fadéby Modeste Gouissi<sup>1</sup>, Hervé Hotèkpo Akodogbo<sup>2</sup>, Falak Lassissi<sup>1</sup>, Pierre Midogbo Gnohossou<sup>1</sup>

<sup>(1)</sup>Université de Parakou (UP). Faculté d'Agronomie. Laboratoire d'Ecologie, de Santé et de Productions Animales (LESPA). BP 123 Parakou (Bénin). E-mail : [abassabahi@yahoo.fr](mailto:abassabahi@yahoo.fr)

<sup>(2)</sup>Université d'Abomey-Calavi (UAC). Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi (EPAC). Laboratoire de Recherche en Biologie Appliquée (LARBA). BP 526 Cotonou (Bénin).

Reçu le 10 octobre 2021, accepté le 28 octobre 2021, publié en ligne le 30 octobre 2021

### RESUME

**Description du sujet.** La rivière Okpara, l'un des plus importants affluents du fleuve Ouémé est sous l'influence des activités anthropiques réalisées au niveau de ses rives. C'est ainsi qu'une étude a été réalisée de Juillet à Septembre 2019.

**Objectif.** L'étude vise à évaluer l'impact des rejets des activités anthropiques sur la communauté des macroinvertébrés de la rivière Okpara.

**Méthodes.** Des analyses des caractéristiques physico-chimiques de l'eau et des échantillons des macroinvertébrés ont été effectuées pendant la saison pluvieuse sur six stations. La richesse taxonomique, l'abondance, l'indice de Shannon et de Piéluou, l'indice EPT (Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères) et l'indice EPT/Chironomidae ont été utilisés pour caractériser la structure du peuplement de macroinvertébrés et déterminer le niveau de dégradation de la qualité des eaux.

**Résultats.** L'étude a permis de collecter 4300 macroinvertébrés appartenant à 4 classes, 12 ordres et 29 familles. Le peuplement est dominé par la famille des Chironomidae qui constitue 64,05 % de l'abondance relative. Les stations témoins ont une intégrité biologique plus élevée et une eau de bonne qualité tandis que les stations urbaines ont une intégrité biologique plus faible.

**Conclusion.** Le déversement d'effluents organiques émanant des activités anthropiques dans la rivière Okpara a entraîné une diminution de la richesse taxonomique du peuplement de macroinvertébrés. Cette diminution est caractérisée par la prolifération des taxons polluo-résistants au détriment des polluo-sensibles au niveau des stations exposées aux rejets anthropiques. La pullulation des familles polluo-résistantes comme les Chironomidae indique que la rivière Okpara et sa biodiversité sont sous l'influence des activités anthropiques.

**Mots-clés:** Macroinvertébrés, effluents organiques, pollution, rivière Okpara, Bénin

### ABSTRACT

#### Impacts of anthropogenic activities on the macroinvertebrate community of the Okpara river in Benin

**Description of the subject.** The Okpara River, one of the most important tributaries of the Ouémé River, is under the influence of anthropogenic activities along its banks. Thus, a study was conducted from July to September 2019.

**Objective.** The study aims to assess the impact of anthropogenic activities on the macroinvertebrate community of the Okpara River.

**Methods.** Analyses of the physicochemical characteristics of the water and macroinvertebrate samples were carried out during the rainy season at six stations. Taxonomic richness, abundance, Shannon and Pielou index, EPT index (Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) and EPT/Chironomidae index were used to characterise the structure of the macroinvertebrate population and to determine the level of degradation of the water quality.

**Results.** The study collected 4300 macroinvertebrates belonging to 4 classes, 12 orders and 29 families. The population was dominated by the Chironomidae family, which accounts for 64.05 % of the relative abundance. The control stations had a higher biological integrity and good water quality, whereas the urban stations had a lower biological integrity.

**Conclusion.** The discharge of organic effluents from anthropogenic activities into the Okpara River had led to a decrease in the taxonomic richness of the macroinvertebrate population. This decrease were characterised by the

proliferation of pollution resistant taxa to the detriment of pollution sensitive taxa at stations exposed to anthropogenic discharges. The proliferation of pollution resistant families such as the Chironomidae indicated that the Okpara River and its biodiversity were under the influence of anthropogenic activities.

**Keywords:** Macroinvertebrates, organic effluents, pollution, Okpara River, Benin

## 1. INTRODUCTION

Au Bénin, comme dans la majorité des pays en voie de développement, l'explosion démographique, l'industrialisation, l'intensification agricole et l'urbanisation engendrent de nouveaux problèmes de gestion des déchets (solides, liquides) et des pesticides (Hepp *et al.*, 2010). Ainsi, les déchets sont souvent rejetés sans traitement dans les cours d'eau (Lamizana-Diallo *et al.*, 2008). Selon Agbohessi *et al.* (2015), 99 % des pesticides utilisés en agriculture se répandent dans les écosystèmes aquatiques pour souiller les ressources en eau. Pourtant, à un certain seuil, ces polluants chimiques ou organiques peuvent détériorer la biocénose et favoriser l'extinction de certaines espèces (Younes-Baraillé *et al.*, 2005). Il s'avère donc nécessaire de s'intéresser à l'état de santé des écosystèmes aquatiques pour leur conservation et leur gestion durable.

Dans la perspective de l'évaluation de l'état de santé des milieux aquatiques, les macroinvertébrés benthiques constituent aujourd'hui un outil de choix pour de nombreux spécialistes de l'écologie aquatique. En effet, plusieurs études sur les macroinvertébrés des rivières ont montré qu'ils présentent une sensibilité variable à la pollution organique et à la dégradation de l'habitat (Touzain et Roy, 2008 ; Moisan *et al.*, 2013). De plus, leur structure, leur diversité et leur composition taxonomique sont utilisées pour tirer des conclusions sur les charges de pollution (Touzain et Roy, 2008 ; Capitulo *et al.*, 2001 ; Benetti *et al.*, 2012 ; Moisan *et al.*, 2013 ; Camara *et al.*, 2014). Ainsi, les macroinvertébrés sont très utilisés en tant que bioindicateurs dans la détermination de l'état écologique des milieux aquatiques (Touzain et Roy, 2008 ; Benetti et Garrido, 2010).

Au Bénin, beaucoup d'études se sont focalisées sur la diversité, la structure et la répartition des macroinvertébrés (Imorou Toko *et al.*, 2012 ; Zinsou *et al.*, 2016 ; Agblonon Houelome *et al.*, 2017 ; Koudenoukpo *et al.*, 2017 ; Abahi *et al.*, 2018 ; Chikou *et al.*, 2018 ; Gouissi *et al.*, 2019). Aucune étude, cependant, ne s'est intéressée à l'impact des activités anthropiques sur la communauté des macroinvertébrés.

L'étude vise à évaluer l'impact des rejets des activités anthropiques sur la communauté des macroinvertébrés de la rivière Okpara. L'intérêt de cette étude est de faire le diagnostic de l'état de

santé de la rivière Okpara et de prendre des dispositions adéquates pour préserver et sauvegarder cette rivière ainsi que les organismes biologiques qui y vivent.

## 2. MATERIEL ET METHODES

### 2.1. Milieu d'étude

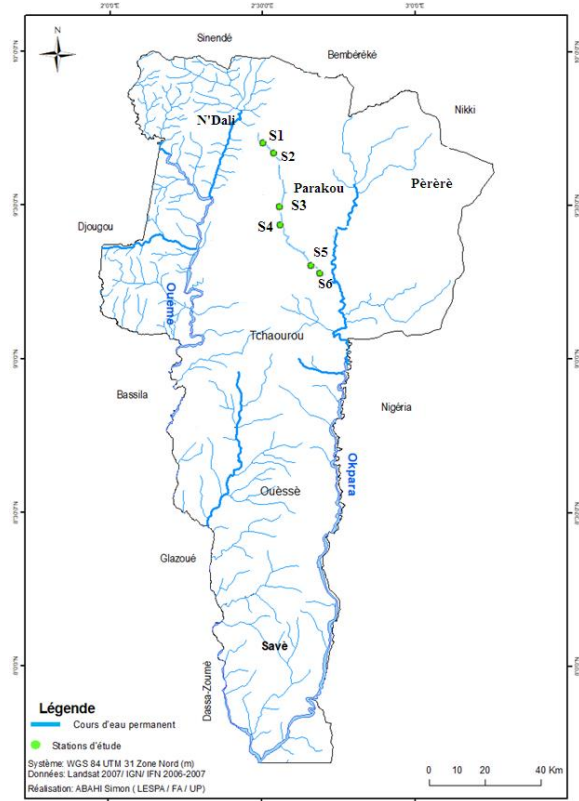
L'étude a été réalisée sur le cours d'eau Okpara, qui est l'un des affluents du fleuve Ouémé. La rivière Okpara est située entre 8°14' et 9°45' latitude Nord et 2°35' et 3°25' longitude Est et prend sa source à 450 m d'altitude dans le département du Borgou au Sud-ouest de Nikki à Pèrèrè. Elle mesure 362 km environ de long avec un bassin d'une superficie totale de 10 000 km<sup>2</sup> (Le Barbe *et al.*, 1993). Son bassin couvre en grande partie les communes de Pèrèrè à l'Est, de Nikki au Nord-Est, de N'Dali à l'Ouest, de Parakou et de Tchaourou au Sud et enfin une petite partie de la commune de Bembèrèkè au Nord.

La zone d'étude est soumise à l'influence du climat Sud-Soudanien, caractérisé par une longue saison sèche (Mi-octobre à Avril), suivie d'une période humide (Mai à Mi-septembre). La pluviométrie moyenne annuelle au cours des dix dernières années est de 1030 mm avec des hauteurs maximales de pluies au cours des mois d'août et septembre. La température moyenne annuelle est de 27,9 °C. L'ensoleillement est de 2315 heures par an. Les pollutions observées dans le bassin de la rivière Okpara proviennent principalement des activités agricoles (production de coton, légumes et cultures vivrières), des ménages (déchets ménagers, latrines publiques installées au bord de la rivière ou parfois dans les brousses) et des marchés (déchets d'abattoir, eaux usées).

### 2.2. Stations d'échantillonnage

Les stations prospectées ont été choisies en fonction de la pérennité de l'eau, de l'accessibilité en toute saison, de la profondeur (moins d'un mètre) et de la vitesse du courant (assez faible) (Agence de l'eau, 1992). Au total, six stations (Figure 1) ont été sélectionnées sur le cours d'eau comme suit: deux stations témoins situées en amont, à la source de la rivière et exemptes d'activités anthropiques dont les eaux sont de bonne qualité ; deux stations situées en zone urbaine et caractérisées par les rejets des eaux usées domestiques, des déchets ménagers, des déchets d'abattoir, des excréments humains et les activités de maraîchage et enfin, deux stations

situées en aval et recevant l'eau venant des stations urbaines.



**Figure 1.** Carte géographique de la rivière Okpara montrant les stations

### 2.3. Mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau

La mesure des paramètres physico-chimiques de l'eau notamment la température, la transparence, la profondeur, le pH, les solides totaux dissous (TDS) et la conductivité a été effectuée « *in-situ* » entre 8h00 et 12h00. La température, la conductivité et le TDS ont été mesurés à l'aide d'un Multiparamètre de type HANNA HI 99300. Le pH a été mesuré avec un pH-mètre de type HANNA HI 98107. La transparence et la profondeur ont été mesurées respectivement à l'aide du disque de Secchi et d'une règle graduée. Ces différentes mesures ont été effectuées avant l'échantillonnage des macroinvertébrés pour éviter toute perturbation du milieu susceptible de fausser les résultats.

### 2.4. Echantillonnage et identification des macroinvertébrés

Les macroinvertébrés de la rivière Okpara ont été récoltés dans les six stations pendant la saison pluvieuse selon le protocole de prélèvement et de traitement des échantillons des invertébrés pour la mise en œuvre du programme de surveillance sur cours d'eau en France (Indice biologique global DCE compatible) NF XP T 90-333 (AFNOR,

2009). Au niveau de chaque station d'étude, douze prélèvements ont été réalisés à l'aide d'un filet Surber de vide de maille de 500 micromètres et d'une surface unitaire de  $1/20 \text{ m}^2$ : huit sur les habitats dominants et quatre sur les habitats marginaux (Abahi *et al.*, 2018).

Les organismes ainsi récoltés sont fixés au formol 5 % dans des bocaux étiquetés puis transportés au laboratoire. Au laboratoire, les organismes ont été rincés, triés, dénombrés et identifiés sous une loupe binoculaire jusqu'à la famille pour éviter les erreurs, sauf pour les embranchements des Nemertiens, Nématelminthes, Bryozoaires et Spongiaires ; pour les classes des Hydrozoaires et Oligochètes et enfin pour l'ordre des Hydracariens. L'identification a été faite à l'aide de différentes clés d'identification (McCafferty, 1981 ; Durand et Lévêque, 1981 ; Tachet *et al.*, 2000 ; Moisan, 2010 ; Mary, 2017) puis les macroinvertébrés ont été conservés dans l'alcool à 70 % au laboratoire.

### 2.5. Traitement des données

Pour étudier la structure, la diversité et l'impact des activités anthropiques sur la communauté, les métriques et indices suivants ont été calculés : richesse taxonomique, abondance absolue, abondance relative, l'indice de diversité de Shannon ( $H' = -\sum p_i \cdot \log_2 p_i$ ) ; l'indice d'Équitabilité de Pielou ( $E = H' / \log_2 S$ ) ; l'indice EPT et indice EPT/ Chironomidae. La richesse taxonomique (S) a été déterminée par station et correspond au nombre de familles présentes dans chaque échantillon. L'abondance (A) est le nombre d'individus d'une famille dans un prélèvement donné alors que l'abondance relative (Ar) correspond au rapport en pourcentage du nombre d'individus d'une famille, d'une station au nombre total d'individus de toutes les familles de toutes les stations. L'indice Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères (EPT) est le rapport en pourcentage de l'Abondance de taxons éphéméroptères, plécoptères et trichoptères à l'abondance totale. L'indice EPT/Chironomidae est le rapport du nombre total d'individus des Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères par le nombre total d'individus de Chironomidae dans les échantillons.

### 2.6. Analyses statistiques des données

L'analyse de variance (ANOVA) à un facteur au seuil de probabilité de 5 % a été utilisée pour la comparaison des moyennes des différents paramètres mesurés et des indices à l'aide du logiciel R3.4.2 (R Core Team, 2019). Le test de Tukey a été ensuite utilisé afin de séparer les moyennes lorsqu'il y avait une différence significative ( $p \leq 0,05$ ). Avant de réaliser ces tests, le test de Shapiro-Wilk a été appliqué pour vérifier la normalité des paramètres physico-chimiques et des indices biologiques.

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Qualité de l'eau de la rivière Okpara

Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques mesurés sont présentées au Tableau 1. Les paramètres physico-chimiques ont varié significativement entre les stations (valeurs de  $p < 0,05$ ). Le Tableau 1 révèle que la température, le pH et la profondeur s'accroissent de l'amont vers l'aval. En effet, les plus faibles valeurs de température ( $19,62\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ; pH (7,17) et profondeur (17,25 cm) ont été enregistrées au niveau des stations témoins (S1 et S2), alors que les plus fortes valeurs de température ( $28,72\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) ; pH (7,77) et

profondeur (34,25 cm) ont été obtenues au niveau des stations de l'aval (S5 et S6). Les plus faibles valeurs de conductivité ( $55\text{ }\mu\text{S/cm}$ ) et TDS ( $27,5\text{ mg/l}$ ) ont été enregistrées au niveau des stations témoins (S1 et S2), tandis que les valeurs les plus élevées de conductivité ( $642\text{ }\mu\text{S/cm}$ ) et TDS ( $320,75\text{ mg/l}$ ) sont observées au niveau des stations urbaines (S3 et S4). Les valeurs maximales de transparence (34 cm) ont été obtenues au niveau de la station de l'aval (S5 et S6), alors que les plus faibles valeurs de transparence (10,26 cm) ont été enregistrées au niveau des stations urbaines (S3 et S4).

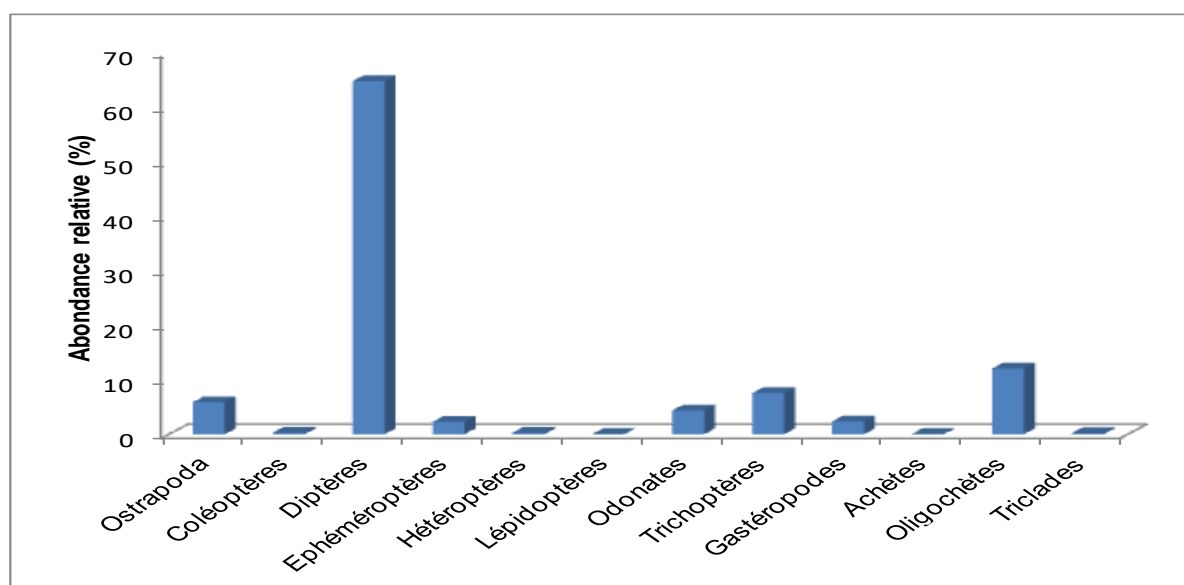
**Tableau 1.** Caractéristiques physico-chimiques de l'eau de la rivière Okpara

Variables	Stations					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Température ( $^{\circ}\text{C}$ )	$19,65\pm 0,5^a$	$19,6\pm 0,6^a$	$26\pm 0,2^b$	$25,5\pm 0,7^b$	$29,15\pm 0,2^c$	$28,3\pm 0,4^c$
pH	$7,15\pm 0,1^a$	$7,2\pm 0,2^a$	$7,2\pm 0,0^a$	$7,2\pm 0,4^a$	$7,75\pm 0,1^c$	$7,8\pm 0,0^c$
Transparence (cm)	$14\pm 1,5^c$	$10,5\pm 6,4^c$	$9,31\pm 0,2^a$	$11,2\pm 0,1^a$	$34\pm 2,8^b$	$34\pm 0,0^b$
Profondeur (cm)	$14\pm 1,4^c$	$10,5\pm 6,3^c$	$19,15\pm 0,2^a$	$19,4\pm 0,3^a$	$34\pm 2,8^b$	$34,5\pm 0,8^b$
Conductivité ( $\mu\text{S/cm}$ )	$55\pm 5,7^a$	$55\pm 4,2^a$	$635\pm 2,8^c$	$649\pm 4,2^c$	$308,5\pm 2,1^b$	$308,5\pm 0,7^b$
TDS (mg/l)	$27,5\pm 2,1^a$	$27,5\pm 0,7^a$	$317\pm 1,4^c$	$324,5\pm 2,1^c$	$154,5\pm 0,7^b$	$154,5\pm 2,1^b$

Les lettres similaires sur chaque ligne indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives seuil de 5% pour le test de Tukey.

#### 3.2. Structure du peuplement des macroinvertébrés benthiques de la rivière Okpara

L'étude a permis de collecter 4300 macroinvertébrés appartenant à 12 ordres et 29 familles. Les familles observées sont réparties dans trois groupes. Il s'agit précisément des Arthropodes constitués d'Insectes (79,49 %) et de Crustacés (5,86 %), des Annélides (12,30 %) et des Mollusques (2,35 %). La figure 2 indique que l'ordre des Diptères constitue 64,74 % de l'effectif total. Ils sont suivis par les Trichoptères (7,53 %) et les Odonates (4,35 %). Les autres ordres représentent les ordres marginaux avec des abondances relatives inférieures ou égales à 0,20 % (Figure 2). Les Chironomidae constituent la famille la plus dominante avec 64,05 % de l'abondance relative. Viennent ensuite les Hydropsychidae (7,02 %), les Cyprinidae (5,86 %), les Lestidae (3,30 %) les Planorbidae (1,42 %) et les Libellulidae (1,05 %).



**Figure 2 .** Abondance relative des groupes taxonomiques de macroinvertébrés

Les autres familles sont moins représentées et ont chacune une abondance relative inférieure à 1,00 % (Tableau 2).

**Tableau 2.** Abondance relative des familles des macroinvertébrés

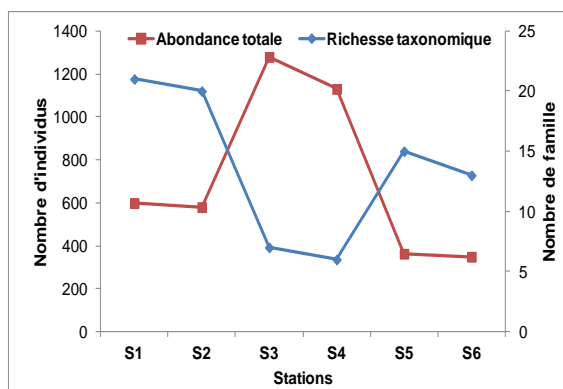
Familles	S1	S2	S3	S4	S5	S6	AR
Crustacés							
<i>Ostracodes</i>							
Cypridinidae	+	+	-	-	-	-	5,86
Insectes							
<i>Coléoptères</i>							
Dytiscidae	+	+	+	-	-	-	0,19
Elmidae	+	+	-	-	+	+	0,09
<i>Diptères</i>							
Chironomidae	+	+	+	+	+	+	64,05
Simuliidae	+	+	-	-	-	-	0,51
Stratiomyidae	+	+	-	-	-	-	0,05
Ceratopogonidae	-	-	-	-	+	-	0,09
Psychodidae	-	-	-	-	+	-	0,05
<i>Éphéméroptères</i>							
Caenidae	+	+	+	+	-	-	0,47
Ephemerellidae	-	-	+	+	+	+	0,67
Baetidae	+	+	-	-	-	-	0,51
Leptophlebiidae	+	+	-	-	-	-	0,56
Leptohyphidae	+	+	-	-	-	-	0,05
<i>Hétéroptères</i>							
Gerridae	-	-	+	+	-	-	0,09
Naucoridae	-	-	+	+	-	-	0,09
Belostomatidae	+	+	-	-	-	-	0,09
<i>Lépidoptères</i>							
Pyalidae	-	-	+	+	-	-	0,05
<i>Odonates</i>							
Lestidae	+	+	+	+	-	-	3,30
Libellulidae	+	+	+	+	-	-	1,05
<i>Trichoptères</i>							
Hydropsychidae	+	+	+	+	-	+	7,42
Hydroptilidae	+	+	-	-	-	-	0,05
Limnophilidae	+	-	-	-	-	-	0,02
Dipseudopsidae	+	+	-	-	-	-	0,05
Mollusques							
<i>Gastéropodes</i>							
Limnaeidae	-	-	+	+	+	+	0,37
Physidae		+	+	+	-	-	0,56
Planorbidae	+	+	+	+	-	-	1,42
Annelides							
<i>Achètes</i>							
Glossiphoniidae	-	-	+	-	-	-	0,07
Oligochetes	+	+	+	+	+	+	12,02
<i>Triclades</i>							
Planariidae	+	+	-	-	-	-	0,21

**Légende :** Ar= Abondance relative ; S= station ; += Présence ; -= Absence

### 3.3. Variations spatiales de la richesse et de l'abondance

La Figure 3 présente les variations spatiales de la richesse et de l'abondance. Elle indique que la richesse taxonomique la plus élevée a été observée au niveau des stations témoins S1 et S2 (21-20 familles), alors que la richesse taxonomique la plus

faible a été obtenue au niveau des stations urbaines S3 et S4 (7-6 familles). En ce qui concerne l'abondance, les plus grandes abondances absolues ont été enregistrées au niveau des stations urbaines S3 et S4 (1130-1279 individus) alors que les plus faibles ont été relevées au niveau des stations de l'aval S5 et S6 (349-363 individus) (Figure 3).



**Figure 3.** Variations spatiales de la richesse et de l'abondance taxonomique

### 3.4. Variations spatiales des indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité de Piélou

Le Tableau 3 présente les variations spatiales des indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité de Piélou. Il indique que les valeurs les plus élevées de l'indice de diversité de Shannon ont été enregistrées au niveau des stations témoins S1 et S2 (2,82- 2,58 bits) alors que les valeurs les plus faibles ont été observées au niveau des stations urbaines S3 et S4 (0,43- 0,65 bits). De même, l'indice d'Équitabilité de Piélou décrit une évolution similaire que celle de l'indice de Shannon (Tableau 4). Les indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité de Piélou ont

varié significativement entre les stations ( $p < 0,05$ ).

**Tableau 3.** Variations spatiales des indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité de Piélou

Stations	Indice de Shannon	Indice de Piélou
S1	2,82± 0,37 <sup>a</sup>	0,76 ±0,08 <sup>a</sup>
S2	2,58± 0,45 <sup>a</sup>	0,72 ± 0,03 <sup>a</sup>
S3	0,65± 0,27 <sup>c</sup>	0,33 ± 0,06 <sup>c</sup>
S4	0,43± 0,18 <sup>c</sup>	0,24 ± 0,01 <sup>c</sup>
S5	1,36± 0,42 <sup>b</sup>	0,50 ± 0,05 <sup>b</sup>
S6	1,13± 0,45 <sup>b</sup>	0,44 ± 0,11 <sup>b</sup>

Les lettres similaires par colonne indiquent qu'il n'y a pas de différences significatives.

### 3.5. Variations spatiales des indices EPT et EPT/ Chironomidae

Le Tableau 4 présente les variations des indices EPT et EPT/ Chironomidae. Dans toutes les stations, le pourcentage des Chironomidae dépasse le pourcentage des EPT et cela est d'autant plus marqué dans les stations urbaines. De même, les valeurs de l'indice EPT/Chironomidae des différentes stations urbaines sont faibles et très proches de zéro.

**Tableau 4.** Variations spatiales des indices EPT et EPT/ Chironomidae

Descripteurs	Stations					
	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Abondance totale	599 ± 7,9	580 ± 4,8	1279 ± 44,6	1130 ± 70,7	363 ± 5,5	349 ± 15,4
Abondance EPT	199 ± 36,9	167 ± 20,4	3 ± 0,0	7 ± 0,0	29 ± 10,3	16 ± 11,4
Abondance Chiro.	212 ± 26,3	171 ± 41,4	913 ± 78,6	983 ± 86,8	233 ± 44,6	242 ± 62,4
% EPT	33,22	28,79	0,23	0,62	7,99	4,58
% Chiro.	35,39	29,48	71,38	86,99	64,19	69,34
EPT/ Chiro.	0,94	0,98	0,003	0,007	0,12	0,07

**Légende :** EPT= Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères ; Chiro.= Chironomidae

## 4. DISCUSSION

Les températures moyennes enregistrées dans la rivière Okpara suivent un gradient longitudinal et oscillent entre 19,6 °C et 29,15 °C. La forte valeur de la température observée en aval serait due à l'absence de végétation qui caractérise ces stations, exposant ainsi leurs eaux directement aux rayonnements solaires. Cette tendance est similaire à celle rapportée par Olayinka *et al.* (2013) dans la rivière Ogun au Nigéria et par Koudenoukpo *et al.*, (2017) dans la rivière Sô au Bénin. Le pH enregistré dans cette étude varie entre 7,15 et 7,80 et se trouve dans la limite tolérable pour la plupart des espèces aquatiques. En effet, une eau dont le pH se situe entre 6,50 et 8,50, est une eau dans laquelle la vie se développe de manière optimale (IBGE, 2005). Ainsi, les valeurs obtenues pour le pH dans

la rivière Okpara sont acceptables. Les fortes valeurs de conductivité (642 µS/cm) et de TDS (320,75 mg/l) enregistrées au niveau des stations urbaines sont une indication de la détérioration de la qualité de l'eau en raison de diverses activités anthropiques qui caractérisent ces stations. Ewa *et al.* (2011), Arimoro *et al.* (2015) et Ibezute *et al.* (2016) ont fait des observations identiques dans des rivières nigérianes où les déchets organiques sont constamment déversés.

L'étude de l'impact des activités anthropiques sur les macroinvertébrés de la rivière Okpara a permis de collecter 29 familles. La richesse taxonomique obtenue est très proche de celle rapportée (26 familles) par Gouissi *et al.* (2020) sur la rivière Mékrou au Bénin. Mais, cette richesse taxonomique est plus faible que celle enregistrée par Samon *et al.*

(2019) sur la rivière Affon (49 familles) et par Agblonon Houelome *et al.* (2017) sur la rivière Alibori au Bénin (42 familles). Cette différence de richesse taxonomique observée dans cette étude par rapport à celle de Samon *et al.* (2019) serait due au degré de pollution de notre zone d'étude. L'abondance absolue obtenue (4300 macroinvertébrés) est nettement inférieure à celle enregistrée (9755 macroinvertébrés) par Samon *et al.* (2019) au Bénin.

En outre, la macrofaune de la rivière Okpara a été dominée par l'ordre des Diptères (64,74 %) avec une prépondérance de la famille des Chironomidae qui constitue 64,05 % de la richesse totale. Cette famille est abondante sur toutes les stations et principalement sur les stations urbaines. Les oligochètes constituent le deuxième taxa dominant avec 12,02 % de la richesse totale. Ces résultats sont caractéristiques des cours d'eau anthropisés et concordent bien avec les résultats obtenus par Arimoro *et al.* (2015) au Nigéria et par Anyona *et al.* (2014) sur la rivière Mara au Kenya.

La pullulation des Chironomidae et des oligochètes serait due à la forte présence de la matière organique au niveau des stations urbaines. Ces observations corroborent celles de Ikomi et Arimoro (2014) puis de Olomukoro et Dirisu (2014) au Nigéria. Ces auteurs notifient que la présence des Chironomidae et des oligochètes est caractéristique des rivières polluées par la matière organique. Ces résultats sont confirmés par la faible présence d'Éphéméroptères, de Trichoptères et l'absence des Plécoptères au niveau des stations urbaines. Des travaux similaires (Jun *et al.*, 2012 ; Tchakonté *et al.*, 2015 ; Koji *et al.*, 2017) dans d'autres cours d'eau indiquent la baisse de la diversité des ordres polluo-sensibles (Éphéméroptères, Plécoptères, Trichoptères) et une meilleure adaptation des taxons polluo-tolérants.

Le faible pourcentage des Éphéméroptères et des Trichoptères observé au niveau des stations de l'aval (4,58 - 7,99 %) et des stations urbaines (0,23 - 0,62 %) associée à la dominance des Chironomidae (64,19 - 86,99 %) révèlent une détérioration de l'état écologique des eaux de la rivière au niveau de ces stations. De plus, les faibles valeurs (0,003 - 0,12) de l'indice EPT/C permettent de confirmer que les activités anthropiques sont les principales responsables de la mauvaise qualité de l'eau de la rivière Okpara. Ces résultats sont identiques à ceux obtenus par Foto *et al.* (2011) dans un cours d'eau anthropisé au Cameroun, et Abahi *et al.* (2020) sur fleuve Ouémé au Bénin. La faible valeur de l'indice EPT/C atteste le stress environnemental subit par la rivière Okpara. La dégradation de l'eau ainsi observée peut être attribuée aux rejets des eaux usées domestiques, des déchets ménagers et des déchets d'abattoir et aux

excréments humains qui caractérisent les stations urbaines.

Les stations témoins présentent des valeurs élevées des indices de diversité de Shannon et d'Équitabilité de Piélou par opposition aux stations urbaines dont les valeurs sont plus basses. Les faibles valeurs de l'indice de diversité et de l'Équitabilité expriment des communautés peu diversifiées avec un faible degré d'organisation (Dajoz, 2000). De plus, Simboura et Zenetos (2002), Grandjean *et al.* (2003) ont rapporté que les ruisseaux ayant les faibles valeurs de l'indice de Shannon souffriraient d'une pollution organique. Ainsi, les stations témoins apparaissent comme des stations les plus diversifiées, stables et mieux organisées alors que les stations urbaines polluées organiquement semblent avoir des communautés de macroinvertébrés les plus perturbées à faible diversité.

La perturbation des stations urbaines de la rivière Okpara par les déchets issus des activités anthropiques affecte le peuplement des macroinvertébrés et favorise la multiplication des Chironomidae et des Oligochètes au détriment des familles des Éphéméroptères, Plécoptères et Trichoptères. Les valeurs élevées des indices de Shannon, ainsi que celles de Piélou dans les stations témoin sont alors l'expression d'une meilleure condition écologique du cours d'eau offrant aux macroinvertébrés surtout les familles polluo-sensibles des conditions assez favorables à leur développement.

## 5. CONCLUSION

Les impacts des activités anthropiques sur la communauté des macroinvertébrés et sur la qualité de l'eau de la rivière Okpara sont évidents. La richesse taxonomique, l'abondance, les indices de Shannon, de Piélou, de EPT et de EPT/C ont mis en évidence la dégradation de l'intégrité écologique et la qualité de l'eau des stations urbaines par rapport aux stations témoins. La détérioration de ces stations soumises aux activités anthropiques s'est révélée par une diminution significative de la richesse taxonomique des macroinvertébrés, la disparition de nombreuses familles polluo-sensibles et surtout l'absence totale de l'ordre des Plécoptères.

Les résultats opposent les stations témoins caractérisées par une richesse en taxon polluo-sensibles indicateurs des eaux de bonne qualité écologique aux stations urbaines caractérisées par une très forte abondance des taxons polluo-résistent révélateurs d'un milieu impacté par les activités anthropiques. Des études similaires sur d'autres rivières du pays avec beaucoup plus de paramètres physicochimiques permettraient d'appréhender

d'autres effets des activités anthropiques et les préférences écologiques des taxons de macroinvertébrés dans le pays.

## Références

- Abahi K.S., Gnohossou M.P., Akodogbo H.H., Orou Piami Z., Adje D., Tchaou C. & Okoya J., 2018. Structure et diversité des macroinvertébrés benthiques de la partie supérieure du fleuve Ouémé au Bénin. *Afrique Science. Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 14, 259–270.
- Abahi K.S., Gouissi M., Akodogbo H., Sanni Worogo S., Adje A.S. & Gnohossou M.P., 2020. Assessment of the water quality of the upper reaches of the Ouémé river in Benin using benthic macroinvertebrate-based biotic indices. *Journal of Water Science*, 32, 433–444.
- AFNOR, 2009. *Qualité de l'eau (Norme XP T 90-333)- Prélèvement des macroinvertébrés aquatiques en rivières peu profondes*, 21 p.
- Agblonon Houelome T.M.A., Adadedjan D., Chikou A., Imorou Toko I., Koudenoukpo C.Z., 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, 433–448.
- Agbohessi T.P., Imorou Toko I., Atchou V., Tonato R., Mandiki R. & Kestemont P., 2015. Pesticides used in cotton production affect reproductive development, endocrine regulation, liver status and offspring fitness in African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *Comparative Biochemistry and Physiology Part-C: Toxicology and Pharmacology*, 167, 157–172.
- Agence de l'eau, 1992. *Indice Biologique Global Normalisé (I.B.G.N NF - T 90 - 350): Guide technique*, 21 p.
- Anyona D.N., Abuom P.O., Dida G.O., Gelder F.B., Onyuka J.O., Matano A.-S., Kanangire C.K., Bosire E.K., Oindo B.O. & Owuor P.O., 2014. Effect of anthropogenic activities on physico-chemical parameters and benthic macroinvertebrates of Mara river tributaries, Kenya. *Merit Research Journal of Environmental Science and Toxicology*, 2, 98–109.
- Arimoro F.O., Odume O.N., Uhunoma S.I. & Edegbene A.O., 2015. Anthropogenic impact on water chemistry and benthic macroinvertebrate associated changes in a southern Nigeria stream. *Environmental monitoring and assessment*, 187, 1–4.
- Benetti C.J. & Garrido J., 2012. Macroinvertebrates as indicators of water quality in running waters: 10 years of research in rivers with different degrees of anthropogenic impacts, in: *Ecological Water Quality-Water Treatment and Reuse*, InTech, 30 p.
- Benetti C.J., Pérez-Bilbao A. & Garrido J., 2010. The influence of water quality and stream habitat on water beetle assemblages in two rivers in northwest Spain. *Vie et milieu*, 60, 53-63.
- Camara A.I., Diomande D. & Gourène G., 2014. Impact des eaux usées et de ruissellement sur la biodiversité des macroinvertébrés de la rivière banco (Parc national du banco ; Côte d'Ivoire). *Revue CAMES: Science de la vie, de la terre et agronomie*, 58–68.
- Capítulo A.R., Tangorra M. & Ocón C., 2001. Use of benthic macroinvertebrates to assess the biological status of Pampean streams in Argentina. *Aquatic Ecology*, 35, 109–119.
- Chikou A., Agblonon Houelome T.M., Adadedjan D., Imorou Toko I., Karim I.Y.A. & Laleye A.P., 2018. Structural organization of the macroinvertebrates communities of the Alibori River during the rainy season (Northern Benin). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 6, 285–291.
- Dajoz R., 2000. *Précis d'écologie*. Dunod, Paris, France, 615 p.
- Durand J.R. & Lévêque C., 1981. *Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne*. Tome 1 et Tome II. ORSTOM. I.R.D. France, 483 p.
- Ewa E.E., Iwara A.I., Adeyemi J.A., Eja E.I., Ajake A.O. & Otu C.A., 2011. Impact of industrial activities on water quality of Omoku Creek. *Sacha Journal of Environmental Studies*, 1, 8–16.
- Foto M.S., Togouet S.H.Z. & Njiné T., 2011. Evolution spatiale de la diversité des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau anthropisé en milieu tropical (Cameroun). *European Journal of Scientific Research*, 55, 291–300.
- Gouissi F.M., Abahi K.S., Adje D.D., Gbénu W.A. & Gnohossou M.P., 2020. Macroinvertebrate communities of Mékrou river in Benin and their relationship with environmental factors. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 8, 654–661.
- Gouissi F.M., Samon O.S., Abahi K.S., Adje D.D., Tchaou C.M., Orou Piami Z., Okoya J.G.A. & Gnohossou M.P., 2019. Relationship between Macroinvertebrates and Physico-Chemical Parameters to Access Water Quality of the Affon River in Bénin. *Advances in Entomology*, 7, 92–104.
- Grandjean F., Momon J. & Bramard M., 2003. Biological water quality assessment of the white-clawed crayfish habitat based on macroinvertebrate communities: usefulness for its conservation. *Bulletin Français de la Pêche et Pisciculture*, 370, 115–125.
- Hepp L.U., Milesi S.V., Biasi C. & Restello R.M., 2010. Effects of agricultural and urban impacts on macroinvertebrates assemblages in streams (Rio Grande do Sul, Brazil). *Zoologia (Curitiba)*, 27, 106–113.
- Ibezute A.C., Asibor G.I. & Ibezute S.U., 2016. Ecological assessment of brewery effluent impact on the macrobenthic invertebrates of Ikpoba River, Edo State, Nigeria. *International Journal of Ecosystem*, 6, 47–54.
- IBGE, 2005. *Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général*. 16 p.
- Ikomi, R.B. & Arimoro, F.O., 2014. Effects of recreational activities on the littoral macroinvertebrates of Ethiopie River, Niger Delta, Nigeria. *Journal of Aquatic Sciences*, 29, 155–170.



- Imorou Toko I., Attakpa E.Y., Gnohossou P. & Aboudou E.F., 2012. Biodiversité et structure des macroinvertébrés benthiques du bassin cotonnier béninois. *Annales des Sciences Agronomiques*, 16, 165–182.
- Jun Y.-C., Won D.-H., Lee S.-H., Kong D.-S. & Hwang S.-J., 2012. A multimetric benthic macroinvertebrate index for the assessment of stream biotic integrity in Korea. *International journal of environmental research and public health*, 9, 3599–3628.
- Koji E., Ewoti O.N., Onana M., Tchakonté S., Djimeli C.L., Arfao A.T., Bricheux G., Sime-Ngando T. & Nola M., 2017. Influence of Anthropogenic Pollution on the Abundance Dynamics of Some Freshwater Invertebrates in the Coastal Area of Cameroon. *Journal of Environmental Protection*, 8, 810–829, <https://doi.org/10.4236/jep.2017.87051>
- Koudenoukpo Z.C., Chikou A., Imorou Toko I., Togouet S.H.Z., Tchakonté S., Hazoume R. & Piscart C., 2017. Diversity of aquatic macroinvertebrates in relationship with the environmental factors of a lotic ecosystem in tropical region: the Sô river in South-East of Benin (West Africa). *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 5, 01–10.
- Lamizana-Diallo M.B., Kenfack S. & Millogo-Rasolodimby J., 2008. Évaluation de la qualité physico-chimique de l'eau d'un cours d'eau temporaire du Burkina Faso-Le cas de Massili dans le Kadiogo. *Sud Sciences et Technologies*, 16, 23-28.
- Le Barbe L., Ale G., Millet B., Texier H., Borel Y. & Gualde R., 1993. *Les ressources en eaux superficielles de la République du Bénin*. Edition ORSTOM, 540 p.
- Mary N., 2017. *Les macroinvertébrés benthiques des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie. Guide d'identification, Version révisée 2017*. DAVAR Nouvelle-Calédonie. OEIL, CNRT, 183 p.
- McCafferty P.W., 1981. *Aquatic entomology. The fisherman's and ecologists' Illustrated: Guide to Insects and their relatives*. Jones and Bartlett publishers Bostom, London, 449 p.
- Moisan J., 2010. *Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, 2010: surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, environnement et parcs Québec, 89 p.
- Moisan J., Pelletier L., Gagnon E., Piedboeuf N. & La Violette N., 2013. *Guide de surveillance biologique basée sur les macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec*. 2e ed. Direction du suivi de l'état de l'environnement, 98 p.
- Olayinka O.O., Adedeji O.H. & Oladeru I.B., 2013. Water Quality and Bacteriological Assessment of Slaughterhouse Effluent on Urban River in Nigeria. *Journal of Applied Sciences in Environmental Sanitation*, 8, 277–286.
- Olomukoro J.O. & Dirisu A.-R., 2014. Macroinvertebrate community and pollution tolerance index in Edion and Omodo Rivers in derived savannah wetlands in Southern Nigeria. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 147, 1–6.
- Core Team R., 2019. *A Language and Environment for Statistical Computing*. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- Samon O.S., Gouissi F.M., Adje D.D., Abahi K.S., Tchaou C.M., Okoya J.G.A., Orou Piami, Z., Gnohossou M.P., Omoniyi G. & Piscart C., 2019. Abundance and distribution of macroinvertebrates of the Affon river, Bénin. *Open Journal of Marine Science*, 9, 173-188.
- Simboura N. & Zenetos A., 2002. Benthic indicators to use in ecological quality classification of mediterranean soft bottoms marine ecosystems, including a new biotic index. *Mediterranean Marine Science*, 3, 77–111.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. & Usseglio-Polatera P., 2000. *Invertébrés d'eau douce: systématique, biologie, écologie*. Paris, CNRS Editions, 588 p.
- Tchakonté S., Ajeegah G.A., Diomande D., Camara A.I., Idrissa K.K.M. & Ngassam P., 2014. Impact of anthropogenic activities on water quality and freshwater shrimps diversity and distribution in five rivers in Douala, Cameroon. *Journal of Biodiversity and Environmental Sciences*, 4, 183–194.
- Touzin D. & Roy M., 2008. Utilisation des macroinvertébrés benthiques pour évaluer la dégradation de la qualité de l'eau des rivières au Québec. *Faculté des sciences de l'agriculture et de l'alimentation Université Laval*. Quebec, Canada, 40 p.
- Younes-Baraillé Y., Garcia X.-F. & Gagneur J., 2005. Impact of the longitudinal and seasonal changes of the water quality on the benthic macroinvertebrate assemblages of the Andorran streams. *Comptes rendus biologiques*, 328, 963–976.
- Zinsou H.L., Gnohossou P., Adandedjan D. & Laleye P., 2016. Profil de distribution des macroinvertébrés benthiques du delta de l'Ouémé à partir du Self Organizing Map (SOM). *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 12, 224–236.