



ISSN: 2230-9926

Available online at <http://www.journalijdr.com>

IJDR

International Journal of Development Research

Vol. 11, Issue, 01, pp. 43173-43184, January, 2021

<https://doi.org/10.37118/ijdr.20711.01.2021>



RESEARCH ARTICLE

OPEN ACCESS

ETUDE COMPARÉE DE LA STRUCTURATION DES MACROINVERTÉBRÉS BENTHIQUES DE COURS D'EAU URBAIN ET PÉRI-URBAIN À L'OUEST DU BURKINA FASO

*¹SANOGO Souleymane, ¹COMPAORE Inoussa, ^{2,3}SENOU Issaka, ^{1,4}SOMDA Martin Bienvenu, ^{1,5}OUEDRAOGO Raogo Blaise, ¹OUATTARA Bassory and ¹KABRE Tinkoudgou André

¹Université Nazi BONI, Institut du Développement Rural, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso; ²Laboratoire des Systèmes Naturels, Agrosystèmes et de l'Ingénierie de l'Environnement, 01 BP 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso; ³Université de Dédougou, Institut des Sciences de l'Environnement et du Développement Rural, BP 176 Dédougou, Burkina Faso; ⁴Centre International de Recherche-Développement sur l'Élevage en zone Subhumide, Unité de recherche sur les maladies à vecteurs et biodiversité, 01 BP 454 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso; ⁵Lab of Adaptive Evolution and Evolutionary Medicine, Kunming Institute of Zoology, University of Chinese Academy of Sciences, 650223, China

ARTICLE INFO

Article History:

Received 03rd October, 2020
Received in revised form
18th November, 2020
Accepted 27th December, 2020
Published online 30th January, 2021

Key Words:

Inventaire, Macroinvertébrés, Kou, Wé, Burkina Faso

*Corresponding author:
SANOGO Souleymane,

ABSTRACT

L'évaluation de la qualité de l'eau est aujourd'hui axée sur les indicateurs biologiques tels que les macroinvertébrés benthiques. Cette étude réalisée au niveau du Kou et du Wé, deux cours d'eau à l'Ouest du Burkina Faso, avait pour objectif de faire un inventaire comparatif de la structuration des macroinvertébrés afin de ressortir des espèces bioindicatrices. Un échantillonnage bimensuel des macroinvertébrés, couplé à des mesures de paramètres physico-chimiques de l'eau, a donc été réalisé de novembre 2019 à mars 2020. L'échantillonnage a permis de capturer 2216 repartis en 45 familles au niveau du Kou et 1764 individus repartis en 38 familles au niveau du Wé. Deux familles de Trichoptères et 4 familles d'Ephéméroptères ont été observées au niveau du Kou et une famille de ces deux ordres d'insectes polluo-sensibles au niveau du Wé. L'indice de Shannon-Weaver donne au niveau du Kou 2,94 et 2,51 au niveau du Wé. La mesure du pH, de la conductivité et de l'oxygène dissous a donné respectivement $6,90 \pm 0,09$, $64,54 \pm 5,41$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ et $7,95 \pm 0,19$ mg/l au niveau du Kou et $8,02 \pm 0,14$, $546,13 \pm 62,33$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ et $6,25 \pm 0,36$ mg/l au niveau du Wé. L'étude révèle une nette pollution et une moindre diversité des macroinvertébrés du marigot Wé qui traverse la ville de Bobo-Dioulasso par rapport au Kou qui est péri-urbain.

Copyright © 2021, SANOGO Souleymane et al., This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Citation: SANOGO Souleymane, COMPAORE Inoussa, SENOU Issaka, SOMDA Martin Bienvenu, OUEDRAOGO Raogo Blaise, OUATTARA Bassory and KABRE T. André T. "Etude comparée de la structuration des macroinvertébrés benthiques de cours d'eau urbain et péri-urbain à l'ouest du Burkina faso". *International Journal of Development Research*, 11, (01), 43173-43184.

INTRODUCTION

Les cours d'eaux qui traversent les grandes villes africaines sont utilisés pour l'arrosage des cultures maraichères, la baignade, la lessive et servent également à l'élimination des effluents domestiques et industriels (Alhou, 2007). Ces multiples usages de l'eau altèrent sa qualité et perturbent l'équilibre de la biocénose locale ainsi que le fonctionnement général de cet écosystème (Brusle et Quignard, 2004). Les macroinvertébrés, organismes intégrateurs de ces cours d'eau sont des indicateurs biologiques fiables d'évaluation de ces écosystèmes aquatiques (Camara et al., 2014). De plus en plus, ils sont utilisés dans l'évaluation de la qualité biologique des

plans d'eau au Burkina Faso en témoignent les travaux de Sanogo et al. (2014) et ceux de Kaboré et al. (2015 et 2016). C'est dans cette dynamique que cette étude a été initiée sur deux cours d'eau de la région des Hauts-Bassins du Burkina Faso, le Wé et le Kou. Le premier traverse la commune de Bobo-Dioulasso et le second se trouve à la périphérie de la même ville. L'étude avait pour objectif de montrer l'influence des activités anthropiques urbaines sur la qualité biologique des cours d'eau.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Zone d'étude: L'étude a été menée dans le bassin régional du Mouhoun, l'un des quatre bassins du pays, plus précisément

dans la ville de Bobo-Dioulasso (Figure 1). Cette zone est l'une des plus arrosées du pays. Les deux cours d'eau, le Wé et le Kou, objet de cette étude, sont utilisés par les populations riveraines pour les activités domestiques et de maraîchage. Le Wé traverse la ville de Bobo-Dioulasso, tandis que le Kou est un cours d'eau périurbain. Trois stations ont été identifiées sur chacun des cours d'eau : les stations de Koumi, Nasso et Dindéresso pour la rivière Kou et celles de Sakabi, pont_commissariat et Musée pour le marigot Wé.

La station du Pont_commissariat : on y rencontre des silures sacrés. L'eau de la station à un écoulement lotique avec une présence de végétaux herbacés en quelques endroits. Les berges sont occupées par les pépiniéristes. Le substrat de fond est composé de roches avec des offrandes en putréfaction.

La station du Musée: cette station est caractérisée par une eau trouble liée à la présence de matières en putréfaction. Le substrat de fond est composé de gravillons.

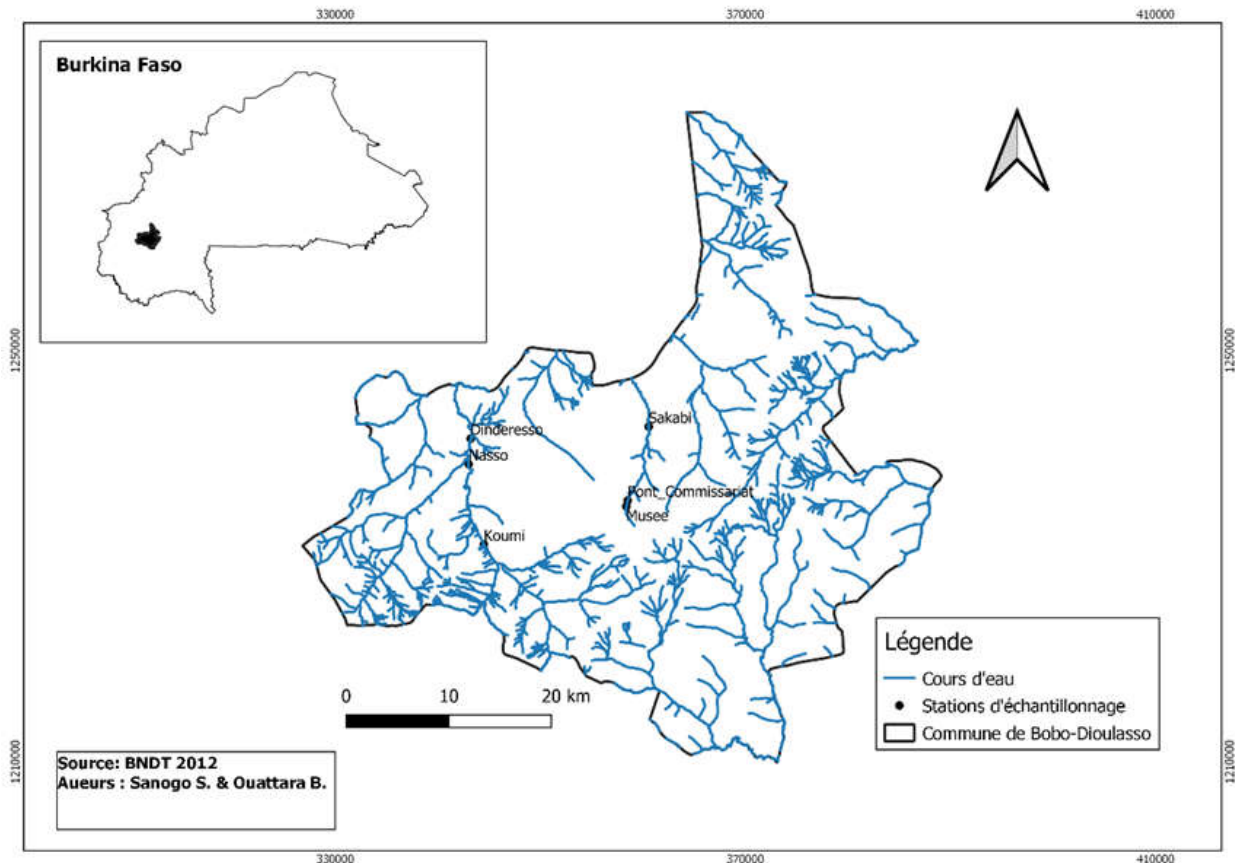


Figure 1. Localisation des stations d'échantillonnage

La station de Koumi est caractérisée par un substrat de fond composé de sable, de limon, de feuilles mortes et de bloc de béton concassé en quelques endroits. L'eau y est claire et à écoulement lotique. Les berges sont jonchées d'herbacées et occupées en quelques endroits par les maraichers.

La station de Nasso est caractérisée par un substrat de fond composé de sable, de feuilles, de bois mort et l'eau y est transparente. Les berges sont occupées par les activités agricoles et on y trouve une ripisylve peu dense.

La station de Dindéresso est la partie du cours d'eau de la rivière où l'eau est un peu trouble. Le substrat de fond est composé de limon, les berges sont occupées par l'agriculture. On note également la présence d'herbacées au niveau des bords immédiats des berges.

La station de Sakabi : le substrat de fond argilo-sableux est composé de feuilles mortes et de déchets ménagers en putréfaction. Les berges sont occupées par la maraîchage. La station est caractérisée par une eau trouble à écoulement lotique avec une végétation herbacée de part et d'autre du lit du cours d'eau.

On note la présence d'herbacées, d'arbres et d'arbustes au niveau des berges, occupées par des activités agricoles (cultures maraîchères et pépinières).

Analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau: Avant l'échantillonnage des macroinvertébrés, les paramètres physico-chimiques de l'eau tels que le pH, la température, la salinité, le total des solides dissous (TDS) et la conductivité, ont été mesurés *in situ* à l'aide d'un multi paramètre 3430 SET C.

Récolte des macroinvertébrés: Les investigations ont lieu de novembre 2019 à mars 2020 au niveau des différentes stations de manière bimensuelle soit 8 sorties de terrain. Cette période d'étiage est propice à l'échantillonnage des macroinvertébrés. En effet, selon Jones *et al.*, (2007), la période d'échantillonnage reflète toutes les conditions privilégiées qui ont trait à la richesse taxonomique et à la pollution. Au niveau de chaque station, une zone d'échantillonnage de 20 m de long sur 5 m de large a été délimitée. Les macroinvertébrés ont été échantillonnés selon l'approche multihabitat décrite par Moisan et Pelletier (2008) pour les cours d'eau à substrat fin et à écoulement lent.

Les habitats échantillonnés sont les branches mortes flottantes, les pierres, les racines des plantes, la vase (fond de l'eau) et la surface de l'eau. Les spécimens ont été récoltés à l'aide d'un filet suber de vide de maille de 400µm pour les habitats lotiques et d'un filet troubleau pour les habitats lenticles. Après échantillonnage, un pré-tri a été effectué sur le terrain, et les organismes ainsi capturés ont été mis dans des bocaux étiquetés et fixés à l'alcool à 90%. Le reste de l'échantillon a été conservé dans des bocaux pour un tri minutieux au laboratoire sous une loupe binoculaire.

Identification et conservation des macroinvertébrés: Les macroinvertébrés ont été identifiés au niveau de la famille et dans certains cas au niveau de la classe (cas des Annélides et des Gastéropodes). L'identification a été faite grâce aux clés d'identifications de Durand et Levêque (1981), Merritt *et al.*, (2008), Stals et De Moor (2007) et Moisan (2010). Les Mollusques ont été identifiés à l'aide des clés d'identification de Tachet *et al.*, (2000) et Moisan (2010). Les Annélides ont été identifiés avec les clés de Lafon (1983) et le document de Moisan (2010).

Traitement et analyse des données: La comparaison des deux cours d'eau a été possible grâce au calcul d'indices de diversité :

L'indice de diversité H' de Shannon-Wiener (compris entre 0 et 5) a été calculé car il convient à l'étude comparative des peuplements. Il est indépendant de la taille de l'échantillon et prend en compte à la fois la richesse taxonomique et l'abondance relative de chaque taxon (Peet, 1975) permettant de caractériser l'équilibre du peuplement d'un écosystème. **H'** présente l'avantage de n'être subordonné à aucune hypothèse préalable sur la distribution des espèces et des individus (Blondel, 1979). Son expression est :

$$H' = - \sum P_i \times \log_2 P_i$$

P_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce (famille):

$P_i = n_i / N$; S , nombre total d'espèces (ici taxons) ; n_i , le nombre d'individus d'une espèce (famille) dans l'échantillon et N , nombre total d'individus de toutes les espèces (familles) dans l'échantillon.

P_i est la proportion du taxon i dans l'échantillon considéré.

L'indice d'équitabilité E de Pielou a été calculé, cet indice varie entre 0 et 1. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à un seul taxon, et tend vers 1 lorsque les taxons sont équitablement répartis. Sa formule est :

$$E = H' / H'_{\max} \text{ avec } H'_{\max} = \log(S)$$

$$H'_{\max} = \log_2(S), \text{ ou } \text{Log}_2(S) = \text{Ln}(S) / \text{Ln}(2);$$

H' est la diversité taxonomique observée et **H'_{max}** est le logarithme du nombre total de taxons (S) dans l'échantillon.

L'indice de tolérance de la pollution des eaux a été calculé pour déterminer la qualité biologique des eaux. Cet indice est basé sur le rapport entre la quantité des EPT (groupe constitué par les Éphéméroptères, les Plécoptères et les Trichoptères) et celle des Chironomidés (C). Lorsque ce rapport est proche de

0, il indique que les eaux sont de mauvaise qualité et lorsqu'il est supérieur à 10, les eaux sont de bonne qualité (Cayrou *et al.*, 2000).

Le coefficient de similitude (Cs) de Sorensen (1948): ce coefficient a permis de comparer les peuplements des macroinvertébrés entre les deux cours d'eau (Kou et Wé), en tenant compte de la présence ou l'absence de taxa. Cet indice varie entre 0 et 1.

$Cs=0$: il n'existe aucune similarité entre les deux sites, et les deux sites considérés n'ont aucune espèce commune et, $Cs=1$: La similarité est totale entre les deux sites étudiés. Sa formule est la suivante :

$$Cs = \frac{2C}{A + B} * 100$$

Cs : coefficient de similitude de Sorensen ; A : nombre de taxa dans le site Kou ; B : nombre de taxa dans le site Wé ; C : nombre de taxa communs à A et B.

Le tableur Microsoft Excel 2016 a permis de faire des histogrammes illustrant l'abondance des différents taxons. Les comparaisons des paramètres physico-chimiques ont été réalisées grâce au logiciel R version 3.4.2, en utilisant le test T de Student ou le test de Wilcoxon selon que les données suivent la loi normale ou non. Le test de Khi-2 a été utilisé pour comparer les abondances des macroinvertébrés. Les différences sont significatives pour $p < 0,05$.

RÉSULTATS ET DISCUSSION

RÉSULTATS

Paramètres physico-chimiques: Parmi les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques calculées, seules la température et l'oxygène n'indiquent pas de différence significative entre les deux cours d'eau (Figure 2).

Macroinvertébrés benthiques de la rivière Kou et du marigot Wé

Inventaire et richesse taxonomique des grands groupes de macroinvertébrés: L'échantillonnage a permis de récolter 3988 spécimens de macroinvertébrés dont 2224 au niveau de la rivière Kou et 1764 au niveau du marigot Wé. Ces individus étaient composés d'Arthropodes (Insectes et Arachnides), d'Annélides et de Mollusques. Les Arthropodes étaient représentés par 45 familles et 9 ordres qui sont : les Coléoptères, les Diptères, les Éphéméroptères, les Hémiptères, les Lépidoptères, les Odonates, les Orthoptères, les Trichoptères et les Arachnides. Parmi les ordres, les Diptères, les Coléoptères et les Hémiptères étaient les plus abondants (Figure 3). Les Annélides comprenaient deux familles et deux ordres qui sont les Achètes ou Hüridiniés et les Oligochètes. Les Mollusques étaient représentés par trois familles et un ordre, celui des Gastéropodes (Figure 3).

Abondance des macroinvertébrés dans les cours d'eau: Le nombre d'ordres identifiés a considérablement varié entre les cours d'eau, mais également entre les stations échantillonnées. Au niveau du marigot Wé, sur les 1764 macroinvertébrés récoltés, 9 sont indéterminés et les 1755 spécimens identifiés sont répartis en 38 familles et 11 ordres.

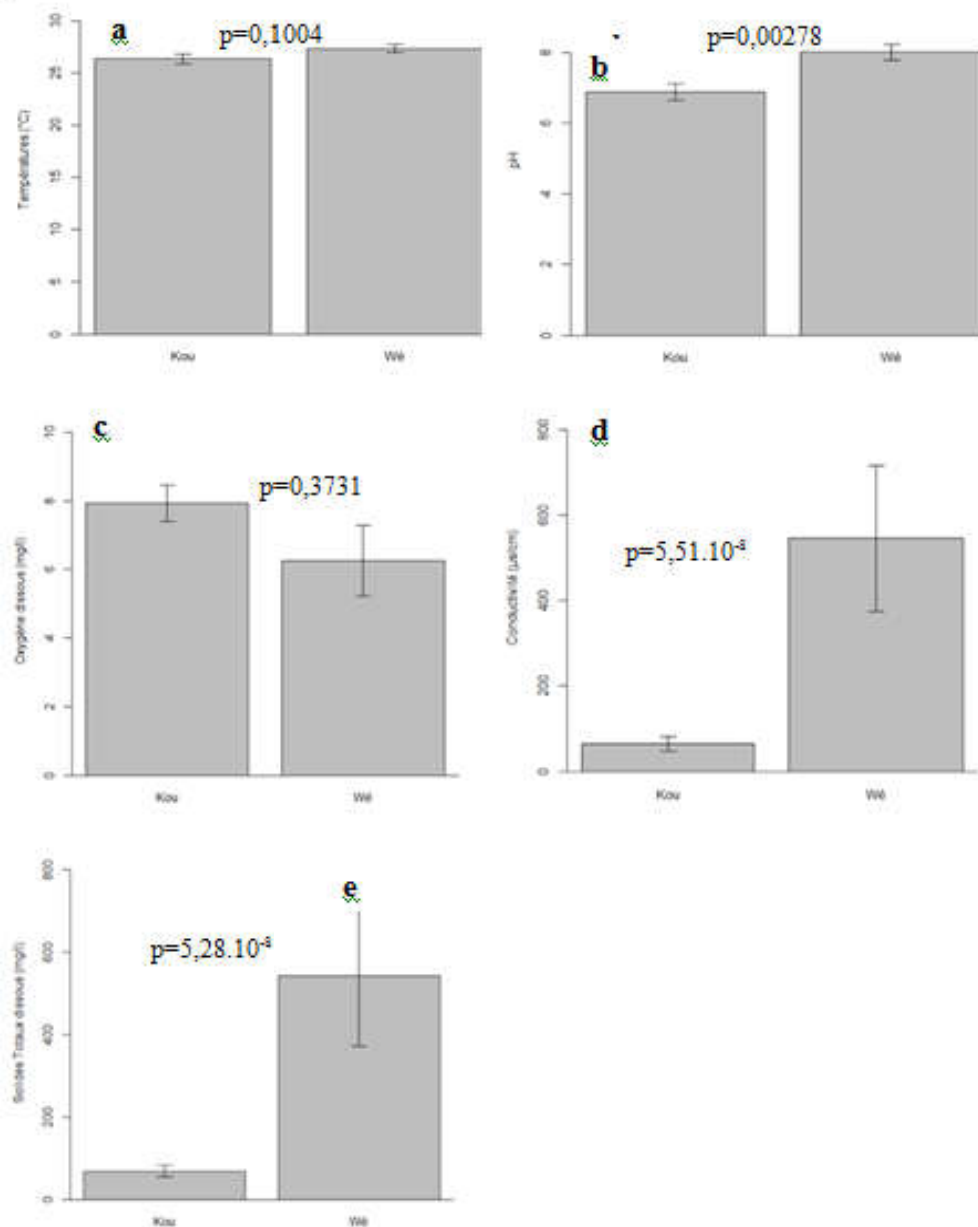


Figure 2. Comparaison des paramètres physico-chimiques au niveau des cours d'eau du Wé et du Kou (a : Température, b : pH ; c : Oxygène dissous ; d : Conductivité ; e : Solides totaux dissous)

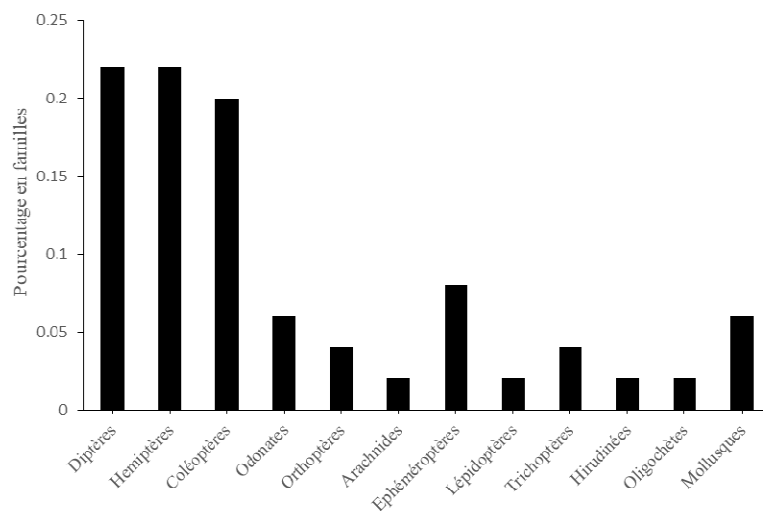


Figure 3. Abondance en familles de macroinvertébrés des deux cours d'eau

Les Diptères (60,4%) étaient significativement les plus nombreux ($p < 2,2 \cdot 10^{-16}$), suivis des Hémiptères (14,4%) et des Odonates (14%) (Figure 4). Au niveau de la rivière Kou, 8 spécimens sont restés indéterminés. Les 2216 macroinvertébrés benthiques identifiés sont repartis en 12 ordres 45 familles. Les Coléoptères (39,5%) étaient les plus nombreux ($p < 2,2 \cdot 10^{-16}$) suivis des Hémiptères (27,3%) et des Odonates (13,3%) (Figure 4).

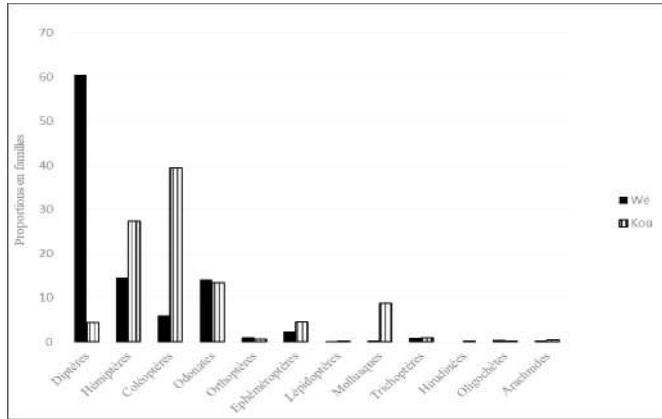


Figure 4. Abondance des Ordres de macroinvertébrés au niveau du Kou et du Wé

Importance des ordres et familles par station

Diptères: Les résultats issus de l'échantillonnage révèlent que les Diptères font partie des insectes les plus diversifiés. Ils étaient représentés par 10 familles au niveau du marigot Wé avec un effectif de 1060 individus appartenant à la famille des *Chironomidae*, des *Simulidae*, des *Ephyridae*, des *Culicidae*, des *Sarcophagidae*, des *Chloropidae*, des *Syrphidae*, des *Tabanidae*, des *Tipulidae* et des *Chaoboridae*. La famille des *Chironomidae* était la plus importante numériquement et comptait à elle seule 579 individus suivis des *Ephyridae*, des *Culicidae* et des *Syrphidae* avec respectivement 221, 167 et 147 individus ($p < 2,2 \cdot 10^{-16}$). Au niveau de la rivière Kou, nous avons dénombrés 95 individus appartenant à l'ordre des Diptères. Cet ordre était représenté par 7 familles qui étaient celle des *Chironomidae*, des *Simulidae*, des *Ephyridae*, des *Culicidae*, des *Tabanidae*, des *Ceratopogonidae* et des *Tipulidae*. Parmi ces familles, celle des *Chironomidae* était la plus importante numériquement et comptait 57 individus à elle seule. La répartition des Diptères dans les deux cours d'eau révèle l'existence de ces invertébrés dans toutes les sites d'échantillonnage de l'étude avec des proportions variables. Néanmoins, le nombre de spécimens récoltés est plus important dans les stations de Sakabi et du commissariat_pont du marigot Wé (Figure 5a).

Coléoptères: L'ordre des coléoptères a fait également l'objet d'une diversification en terme de famille. En effet, au niveau du marigot Wé, nous avons dénombré 7 familles qui sont : *Hydrophilidae*, *Carabidae*, *Noteridae*, *Chrysomelidae*, *Staphylinidae*, *Gyrinidae* et *Dytiscidae*. La famille des *Hydrophilidae* était la plus abondante dans nos échantillons. Elle totalisait à elle seule 79 macroinvertébrés sur les 103 récoltés pour cet ordre. Dans la rivière Kou, nous avons dénombrés 10 familles de l'ordre des Coléoptères qui sont : *Hydrophilidae*; *Carabidae*; *Noteridae*; *Chrysomelidae*; *Staphylinidae*; *Gyrinidae*; *Dytiscidae*; *Hydraenidae*; *Curculionidae* et *Elmidae*. Un total de 876 individus a été récolté pour cet ordre avec une abondance de *Dytiscidae* (352

individus) suivi des *Hydrophilidae* et *Noteridae*, qui totalisaient respectivement 284 et 147 individus ($p < 2,2 \cdot 10^{-16}$). La répartition de Coléoptères dans les cours d'eau étudiés montre l'existence de ces macroinvertébrés benthiques dans toutes les stations avec une très forte proportion au niveau de la station de Koumi (Figure 5b).

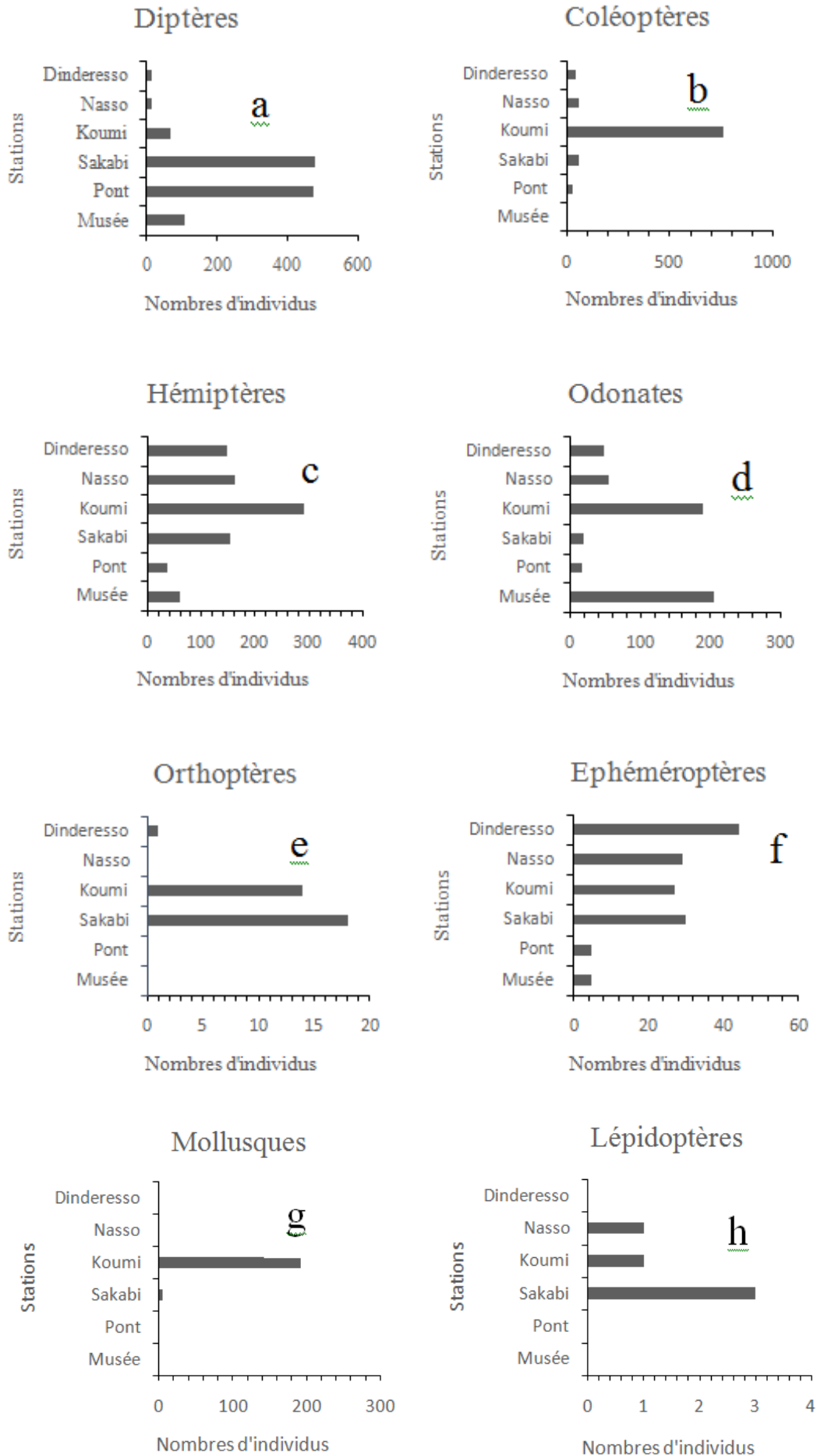
Hémiptères: L'ordre des Hémiptères représentait le groupe le plus diversifié avec 11 familles identifiées. Nous avons identifié 11 familles au niveau du marigot Wé, qui sont : *Gerridae*; *Nepidae*; *Macroveliidae*; *Ochteridae*; *Hydrometridae*; *Notonectidae*; *Cicadellidae*; *Veliidae*; *Pleidae*; *Corixidae* et *Belostomatidae*. Un total de 253 macroinvertébrés a été identifié pour cet ordre d'insectes au niveau de ce cours d'eau avec une abondance de *Corixidae* qui comptait 104 macroinvertébrés. Pour la rivière Kou, les 11 familles identifiées au niveau du marigot Wé ont été également identifiées, pour un total de 604 macroinvertébrés et une abondance en terme de famille des *Veliidae*, *Corixidae* et *Belostomatidae* qui comptaient respectivement 178, 112 et 85 individus ($p = 9,37 \cdot 10^{-11}$). Les Hémiptères étaient présents dans toutes nos stations étudiées à des proportions variables. La station de Koumi a enregistré le plus d'individus de cet ordre (Figure 5c).

Odonates: Les Odonates représentaient un des groupes le moins diversifiés avec 3 familles inventoriées dans le marigot Wé et dans la rivière Kou. Les familles identifiées étaient les *Coenagrionidae*, les *Libellulidae* et les *Gomphidae* avec une dominance de *Coenagrionidae* dans les stations de Koumi (rivière Kou) et du Musée (marigot Wé) qui totalisaient respectivement 192 et 158 macroinvertébrés. Les individus de cet ordre sont répartis dans toutes les stations d'étude à des proportions variables (Figure 5d).

Orthoptères: Les résultats montrent une faible diversité de l'ordre des Orthoptères. Parmi les familles inventoriées celle des *Acrididae* et *Tetrigidae* ont été identifiées aux stations de la rivière Kou avec un effectif de 15 individus. La seule famille des *Tetrigidae* a été identifiée aux stations du marigot Wé avec un effectif de 18 individus. La répartition des Orthoptères dans notre étude était localisée et limitée aux stations de Koumi et Dinderesso (rivière Kou) ainsi qu'à la station de Sakabi (marigot Wé) (Figure 5e).

Ephéméroptères: Les Ephéméroptères représentaient aussi un groupe peu diversifié dans notre étude avec 4 familles dans la rivière Kou et une famille identifiée au niveau du marigot Wé. Les familles identifiées étaient les *Ephemerilidae*, les *Isonychiidae*, les *Caenidae*, et les *Baetidae* pour la rivière Kou et la seule famille de *Baetidae* pour le marigot Wé. Les familles de *Baetidae* étaient les plus abondantes avec des effectifs de 79 (rivière Kou) et de 40 (marigot Wé). Ces individus sont répartis sur toutes les stations de notre étude dans des proportions différentes (Figure 5f).

Mollusques: L'ordre des Mollusques était représenté par 3 familles dans l'ensemble de nos échantillons. Nous avons identifié 2 familles : *Physidae* et *Planorbidae* avec des effectifs de 171 et 22 au niveau de la rivière Kou et une famille de *Lymnaeidae* avec un effectif de 5 individus au niveau du marigot Wé. La répartition des Mollusques dans cette étude était localisée et limitée aux stations de Koumi (rivière Kou) et de Sakabi (marigot Wé) (Figure 5g).



.....Continue

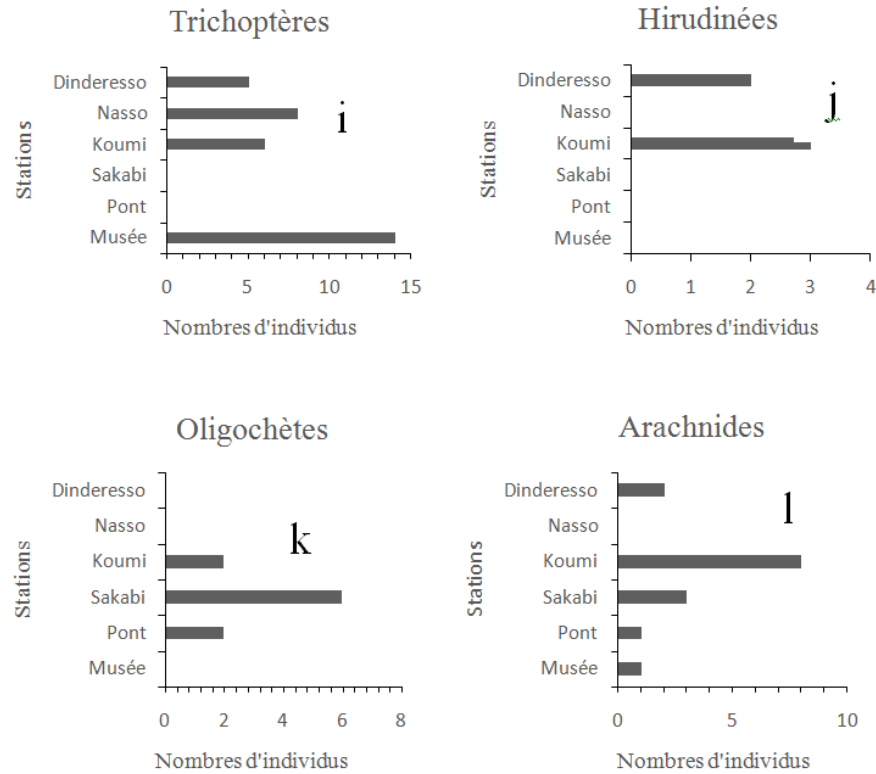


Figure 5. Distribution des différents ordres et familles dans les stations d'échantillonnage

Lépidoptères: Ce groupe dans nos échantillons était représenté par une seule famille, celles des *Cossidae*. Au total, 5 individus ont été récoltés dans les deux sites et repartis au niveau des stations comme suit : 1 à Koumi, 1 à Nasso et 3 à Sakabi (Figure 5h).

Trichoptères: Les trichoptères dans la présente étude étaient parmi les ordres les moins diversifiés. Deux familles ont été identifiées dans la rivière Kou à savoir celle des *Limnephilidae* et des *Hydropsychidae*. Au niveau du marigot Wé la seule famille identifiée était celle des *Hydropsychidae* et à uniquement à la station du Musée et lors d'une seule récolte dans un microhabitat (Figure 5i).

Hirudinées ou Achètes: Les individus de ce groupe identifiés appartiennent à la famille des *Hirudinidae* (Sangsues). Les *Hirudinidae* ont été récoltés uniquement dans la rivière Kou, précisément dans les stations de Koumi (3 individus) et de Dinderesso (2 individus) (Figure 5j).

Oligochètes: L'ordre des Oligochètes dans nos échantillons était représenté par la famille des *Oligocheta*. Cette famille était présente dans les stations de Koumi, Sakabi et du commissariat_Pont à des proportions différentes (Figure 5k).

Arachnides: Le groupe des Arachnides était représenté par les araignées semi-aquatiques. Ces araignées ont été récoltées à toutes les stations sauf à la station de Nasso. Toutefois, nous avons noté une abondance de ces macroinvertébrés dans la rivière Kou comparativement au marigot Wé (Figure 5l).

Comparaison des bioindicateurs sensibles à la pollution des cours d'eau Wé et Kou: Les bioindicateurs sensibles à la pollution (Ephéméroptères, Trichoptères et Plécoptères) ont été plus enregistrés dans la rivière Kou qu'au niveau du marigot Wé ($p=5,93 \cdot 10^{-12}$) (Figure 6).

Evaluation indiciaire: L'indice de Shannon (tableau 2) calculé pour les deux cours d'eau ont variés en fonction des stations. Ainsi pour les stations de la rivière Kou, nous avons obtenu 2,75 (Koumi), 2,80 (Nasso) et 2,92 (Dinderesso). Au niveau du Wé, les indices étaient de 2,03 (Musée), 1,98 (Commissariat_pont) et 2,46 (Sakabi). Ces valeurs indiquent que la rivière Kou est de bonne santé écologique comparativement au marigot Wé. Les indices d'équitabilité de Piéou (tableau 2) calculés pour les stations de la rivière Kou sont tous supérieurs à ceux du marigot Wé. Ainsi, nous avons enregistré 0,73 à Koumi, 0,84 à Nasso, 0,83 à Dinderesso, 0,65 au Musée, 0,64 au Commissariat_pont et 0,71 à Sakabi. Ces valeurs indiquent que la répartition des familles des macroinvertébrés benthiques est plus équilibrée dans la rivière Kou que dans le marigot Wé. L'indice de Sorensen (tableau 1) montre qu'il y a une similitude entre les familles de macroinvertébrés des deux cours.

DISCUSSION

Caractéristiques physico-chimiques des cours d'eau: Les facteurs physico-chimiques influent sur la vie des organismes dans le milieu aquatique. Les paramètres physico-chimiques ayant fait l'objet de la présente étude ont servi pour l'évaluation de la qualité biologique des eaux de la rivière Kou et du marigot Wé. La température de l'eau de surface influence les processus biologiques dans les systèmes aquatiques (Kadlec et Reddy, 2001). C'est un facteur clé qui régule la croissance des populations de zooplancton (Hong et al., 2003). Les valeurs de la température relevées ($27,37 \pm 0,72$ au niveau du Wé et $26,13 \pm 1,73$ au Kou) lors de notre étude sont proches de celles notées par Sanogo (2010) qui était de $27,3^\circ\text{C}$ dans la rivière Kou et avoisinent celles notées par Sow (2015) qui était de $27,05^\circ\text{C}$ dans la rivière Koro, affluent du Mouhoun tout comme le marigot Wé et la rivière Kou. De même, nos valeurs de température sont similaires à

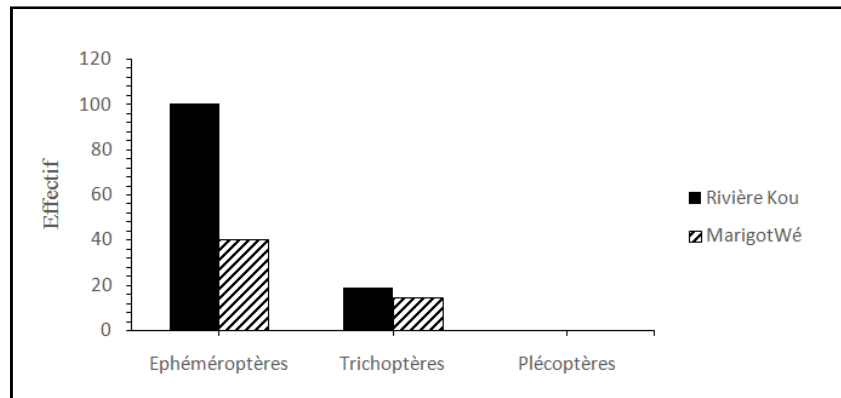


Figure 6. Abondance des bioindicateurs sensibles au niveau des cours d'eau

Tableau 1. Résultats des indices de Shannon, de Sorensen et de l'Equitabilité au niveau des cours d'eau

Cours d'eau	Indice de Shannon-Weaver (H')	Indice de Pielou (E)	Indice de Sorensen
Kou	2,94 ± 0,09	0,77 ± 0,06	0,79
Wé	2,51 ± 0,26	0,68 ± 0,04	

celles notées par Kabore et al (2016) qui était de 26,92°C dans le Comoé un peu plus au Sud du pays. Cependant, ces valeurs de température variaient d'une station à l'autre. Ces variations de la température seraient dues d'une part à la variabilité des habitations (abondance du couvert végétale par exemple) et d'autre part à l'intensité des rayonnements solaires qui diffèrent selon les périodes de l'année et les heures du jour de mesure (faible intensité en novembre qu'en mars et, aussi de 7h qu'à 10h). Selon Grégoire et Trenchia (2007), la végétation en bordure des cours d'eau est une composante qui permet de réduire la température de l'eau et de conserver des conditions favorables au maintien des processus biologiques et des espèces plus sensibles. Les valeurs de la conductivité observées dans la rivière Kou pendant notre étude sont inférieures de celles enregistrées par Sanogo (2010) qui étaient de (147 μ S/cm) dans la même rivière. En effet, nos points d'échantillonnage s'étaient entre les localités de Koumi et Dinderesso qui présentent moins d'activités anthropiques aux berges de la rivière Kou, tandis que Sanogo (2010) avait des points d'échantillonnage répartis de Nasso jusqu'au-delà de Bama, zone qui abrite la plaine aménagée de la vallée du Kou. Cette différence de similitude entre nos valeurs et celles de Sanogo (2010) pourrait s'expliquer par le fait qu'il y'a moins d'activités anthropiques sur les berges de la rivière Kou au niveau du tronçon Koumi-Dinderesso. La forte valeur de conductivité enregistrée par Sanogo (2010) résulterait de la minéralisation de la rivière Kou au niveau des zones impactées par les activités maraichères. Les valeurs de conductivité enregistrées dans le marigot Wé sont largement supérieures à celle de la rivière Kou alors que ces deux cours d'eau sont situés dans la même zone géographique. Cette différence serait due au fait que, le marigot Wé traverse la ville de Bobo-Dioulasso et recevrait plus d'effluents domestiques et industriels mais, aussi due aux activités maraichères pratiquées le long des berges du marigot Wé au niveau des stations d'échantillonnages. Cette assertion rejoint les résultats de Silva (2001) et de Berrahou et al. (2002) qui ont démontré que la présence d'activités maraichères le long des rivières est une source d'augmentation de la conductivité des eaux du fait de l'utilisation des produits chimiques. Les valeurs de pH des cours d'eaux sont influencées par l'environnement qu'ils traversent (Korfali et Jurdi, 2011; Mmualefhe et Torto, 2011).

Pour notre étude des variations ont été observées entre les deux cours d'eau mais également entre les stations des cours d'eau. Les valeurs moyennes de pH enregistrées dans la rivière Kou et le marigot Wé étaient respectivement de 6,90±0,09 et de 8,02±0,14. Ces valeurs se rapprochent de celles rapportées pour les eaux superficielles, soit entre 6,5 et 9,5 (Masamba et Mazvimavi, 2008 ; Nanituma, 2011). Le caractère légèrement basique du pH du marigot Wé serait probablement dû aux activités anthropiques intenses au niveau de ces berges et aux rejets temporaires d'effluents de nature alcaline au niveau de la station du Musée (en amont des deux autres stations) provenant de la SN Sitec. Les valeurs de pH mesurées avoisinent celles que Flura et al. (2016) ont relevé sur la rivière Meghna ghat au Bangladesh. Elles concordent aussi avec celles relevées par Buhungu et al (2018) sur la rivière Kinyankonge au Burundi. Néanmoins, les valeurs du pH relevées n'influent pas sur la vie des organismes aquatiques car, selon Blinda (2007), les pH compris entre 5 et 9 permettent un développement normal de la faune benthique.

Pour l'oxygène dissous, les valeurs moyennes obtenues ont montré que les eaux du marigot Wé et de la rivière Kou sont bien oxygénées (Figure 2). Ces valeurs d'oxygène dissous sont similaires à ceux enregistrés par Koumba et al (2017) sur les cours d'eau du Parc National de Moukalaba Doudou (Gabon) et à ceux obtenus par Sanogo et Kabré (2014) dans les lacs de barrage de Boura, Bama et Bala. Les solides totaux dissous (TDS) sont équivalents à la minéralisation totale qui correspond à la somme des anions et des cations présents dans les eaux (Kambiré et al., 2014). Les TDS et la conductivité électrique (Ec) évoluent dans le même sens dans la présente étude. Cette observation concorde avec celle faite par Ewa et al. (2011) et Buhungu et al (2018) qui ont enregistré une conductivité électrique en forte corrélation avec les TDS respectivement dans la rivière d'Omoku Creek au Nigeria et dans la rivière Kinyankonge au Burundi. Ces ions dissous sont en concentration plus élevées dans le marigot Wé que dans la rivière Kou (Tableau 2). Les valeurs élevées en ions dissous perturbent la qualité biologique des eaux et ont une incidence négative sur le développement des organismes aquatiques (Monney et al., 2016). Les valeurs élevées en ions dissous dans le marigot Wé que dans le Kou seraient dues aux polluants d'origine diverses qui se déversent dans le marigot Wé à

travers les canaux d'évacuations. Ce même constat a été fait par Ntakiyiruta et al. (2017) et Buhungu et al. (2018) respectivement sur la rivière Ntakangwa et la rivière Kinyankonge au Burundi.

Faune des macroinvertébrés benthiques: Dans cette étude l'identification des macroinvertébrés s'est limitée à la famille. En effet, ce niveau d'identification donne des informations similaires à celles obtenues avec une analyse beaucoup plus poussée jusqu'au niveau du genre, même si au niveau du genre plus de taxa bioindicateurs sont retrouvés (Jones et al., 2007; Masson et al., 2010). De plus, selon Usseglio-Polatera et Beisel (2003), la famille est le niveau systématique généralement recommandé pour des méthodes standardisées d'évaluation de la qualité biologique des cours d'eaux. La richesse taxinomique globale des macroinvertébrés benthiques observée dans le marigot Wé et la rivière Kou est relativement faible. Elle est plus faible que celle observée par Foto et al. (2013) et Tchakonté (2016) au Cameroun et celle noté par Ngoay-Kossy et al. (2018) en République Centre Africaine. Par contre, cette richesse taxinomique est supérieure à celles observées par Sanogo et al. (2014) au niveau des lacs de barrages de Bama, Bala et Boura, et à ceux trouver par KambTshijik et al., (2015) sur trois hydrosystèmes de la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo (RDC). La composition des macroinvertébrés benthique obtenue au cours de cette étude est caractérisée par une domination de la richesse taxinomique et de l'abondance des arthropodes. Une telle composition en macroinvertébrés benthique est typique des eaux douces africaines (Durand et Lévêque, 1981). Ces résultats sont en adéquation avec ceux obtenus par Alhou et al. (2009) au Niger, Diomandé et al. (2009) en Côte d'Ivoire et ceux de Foto et al. (2010) puis Tchakonté (2016) au Cameroun. Elle corrobore également les résultats de Sanogo et Kabré (2014), Sanogo et al (2014) et de KambTshijik et al. (2015). La prédominance des arthropodes (45 taxa sur 50) sur les autres groupes taxinomiques et la domination en termes d'abondance des insectes (44 taxa) confirment leur caractère ubiquiste et donc capables de coloniser les niches écologiques hétérogènes (Tchakonté, 2016).

Le marigot Wé, présente des populations de macroinvertébrés dominées par les insectes, et parmi ces derniers les *Chironomidae* sont les plus nombreux. Ce résultat est en adéquation avec les résultats de Kabré et al. (2000 et 2002) respectivement dans les lacs de barrage de Bagré et de la Comoé, et de ceux de Sanogo (2010) au niveau du marigot Wé. Nos résultats rejoignent aussi ceux de Guenda (1996) réalisé sur le réseau hydrographique du Mouhoun. Les plus faibles relevés en termes de taxa observés aux stations du musée (22) et du commissariat_ont (21) seraient dus au fait que, ces stations reçoivent directement les effluents domestiques et industriels. Ces résultats sont en dessous des résultats des travaux de Diomandé et al, (2009) et ceux de Foto et al., (2011) qui ont obtenu chacun 28 familles respectivement en Côte d'Ivoire et au Cameroun au niveau des zones impactées par les activités agricoles et les rejets urbains. L'abondance des *Chironomidae* et la présence remarquée des *Syrphidae* dans le marigot Wé traduirait la mauvaise qualité de l'eau. En effet, les *Chironomidae* et les *Syrphidae* sont parmi les groupes les plus tolérants à la pollution organique (AFNOR., 2004 ; Moisan., 2013). Ces organismes sont polluo-résistants et leur présence dans cet hydrosystème dénote sa mauvaise qualité biologique (Camargo et al., 2004; Peterson., 2006). Au niveau de la rivière Kou, les organismes

dominant sont de la classe des insectes et de l'ordre des Coléoptères et Hémiptères. Ce résultat corrobore d'une part ceux de Yapo et al. (2012) qui ont soulignés la dominance de ces organismes dans les étangs piscicoles en Côte d'Ivoire et d'autres part ceux de Nyamsi et al (2014) qui indiquent l'abondance de ces insectes dans les cours d'eau du Centre-Sud forestier du Cameroun. Comparativement au marigot Wé, la rivière Kou abrite plus d'espèces et certaines familles ne se trouvent diversifiées que seulement dans la rivière Kou (cas des familles de l'ordre des Ephéméroptères et Trichoptères).

La présence relativement diversifiée des Ephéméroptères (4 familles) et des Trichoptères (2 familles) au niveau de la rivière Kou traduirait une bonne qualité de ces eaux. Selon Demoulin (1981) les Ephéméroptères sont réputés vivre dans des milieux bien oxygénés et de bonne qualité. Des travaux réalisés par Carlisle et al., (2007) en Amérique indiquent que la richesse spécifique des Ephéméroptères baisse avec l'urbanisation des bassins. Ce qui justifie le faible taux de ces organismes dans le marigot Wé qui est urbain. Le nombre relativement important de macroinvertébrés (1567) individus récoltés à la station de Koumi pourrait être lié à la période de capture ou à l'environnement de cettestation. Selon Mary (2011), plusieurs taxons montrent de grandes abondances durant les périodes de régimes stables correspondant à la saison sèche. Cette période correspond à notre période de capture (novembre-mars). Aussi la station de Koumi abrite un habitat hétérogène et il y'a la présence de plantes aquatiques à certains endroits dans le lit de la rivière. De tel environnement est favorable à une prolifération de la macrofaune benthique (Kouamé et al., 2011 ; Sanogo et Kabré,2014). Le faible nombre de macroinvertébrés récolté aux stations de Nasso (333) et de Dinderesso (316) pourrait être dû aux substrats du milieu, puisque le principal substrat rencontré à ces stations est le sable. Ce substrat contient moins de nutriments favorables au développement des macroinvertébrés benthiques. Cette assertion a été faite par KambTshijik et al. (2015) qui ont mis en exergue l'influence des substrats sur la densité et la richesse taxinomique des macroinvertébrés benthiques des rivières Gombe, Kinkusa et Mangenge en RDC.

Indices biotiques comparés des cours d'eau: Les indices biologiques font l'état d'un aperçu global de l'impact de la modification du milieu sur les organismes aquatiques, même après le passage du flux du polluant (Rodier et al., 2009). L'indice d'équitabilité de Pielou et de diversité de Shannon-Weaver indiquent des faibles valeurs au niveau du marigot Wé ($E = 0,68$; $H' = 2,51$) comparées à celles de la rivière Kou ($E = 0,77$; $H' = 2,94$). Selon Sanogo et al, (2014) et KampShijik et al, (2015), les faibles valeurs d'indice de Shanonn et d'équitabilité traduisent l'apparition d'un déséquilibre structurel dans la population de macroinvertébrés avec la régression des taxons sensibles. Ce qui justifierait la faible diversité des taxons sensibles (Ephéméroptères, Plécoptères, Trichoptères) et la prolifération des taxons tolérants (*Chironomidae*, *Syrphidae*) au niveau du marigot Wé. De plus, l'indice de Sorensen (0,79) montre qu'il existe une similitude entre les familles de macroinvertébrés des deux cours d'eaux. En effet, sur les 50 familles recensées sur l'ensemble des cours d'eau, 33 sont communes aux deux cours d'eau. Un total de 45 familles ont été dénombrées dans la rivière Kou contre 38 au niveau du marigot Wé. La différence en nombre de familles entre les deux cours d'eau traduirait les perturbations environnementales dues aux activités anthropiques au niveau du marigot Wé. Ce constat est en adéquation avec les

conclusions des travaux de Ngoay-Kossy (2010) et Onana et al, (2016) qui affirment que les apports en eaux usées domestiques et les déchets dus aux activités anthropiques détériorent la qualité des cours d'eaux.

Conclusion

L'inventaire des macroinvertébrés benthiques de ces deux cours d'eau révèle une population dominée par les insectes. La rivière Kou est caractérisée par une diversité de macroinvertébrés plus importante que le marigot Wé. En effet, le marigot Wé reçoit des ordures ménagères et d'autres types de déchets dangereux pour l'écosystème aquatique. Ces sources de pollution d'origine anthropique perturbent sa qualité et influent sur la diversification et la structuration des organismes aquatiques. L'étude comparative des paramètres physico-chimiques des deux cours d'eau montre que le marigot Wé est fortement minéralisé et a un pH légèrement basique tandis que la rivière Kou a une minéralisation plus faible et un pH presque neutre. Les paramètres physico-chimiques ont une incidence sur la qualité de l'eau et par conséquent influent sur la diversification des macroinvertébrés. Les paramètres biotiques calculés indiquent que les deux cours d'eau sont contaminés mais à des degrés divers. Le marigot Wé est plus contaminé et moins structuré en macroinvertébrés que la rivière Kou. Il ressort de l'étude qu'il existe une différence entre les macroinvertébrés de la rivière Kou et du marigot Wé, le peuplement de la rivière Kou étant plus riche et diversifié que celui du marigot Wé. Les activités de l'homme ont un effet néfaste sur la structuration des macroinvertébrés benthiques du marigot Wé et de la rivière Kou, et la situation risque de s'aggraver avec l'intensification ces activités anthropiques.

RÉFÉRENCES

- AFNOR (Association Française de Normalisation), 2004. Essai des eaux. Détermination de l'indice biologique global normalisé (IBGN). Association Française de Normalisation. Norme homologuée. T 90-350, 9 p.
- Alhou B., 2007. Impact des rejets de la ville de Niamey (Niger) sur la qualité des eaux du fleuve Niger, Thèse de doctorat, Facultés Universitaires Notre-Dame de la paix Namur, Faculté des Sciences, Belgique, 199p.
- Alhou B., Micha J.C., Dodo A. et Awais A., 2009. Etude de la qualité physicochimique et biologique des eaux du fleuve Niger à Niamey. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 3, 240-254
- Berrahou A., Cellot B. et Richoux P., 2002. Les macroinvertébrés benthiques de la Moulouya (Maroc). *Bull. Ecol*; 223 -234.
- Blinda M., 2007. Pollution tellurique du littoral nord-ouest du Maroc entre Tanger et Tetouan : Caractérisation, impact sur l'environnement et proposition de solution. Thèse de doctorat, Université Mohamed V, Faculté des Sciences, Rabat, Maroc. 194p
- Blondel J., 1979. Biogéographie et écologie. Masson, Paris, 173 p.
- Bruslé J, Quignard J. P., 2004. Biologie des poissons d'eau douce européens, 2^e édition. *Lavoisier, Paris*. ISBN : 978-2-7430-1496-4. 736 p.
- Buhungu S., Montchowui E., Barankanira E., Sibomana C., Ntakimazi G et Bonou C.A., 2018. Caractérisation spatio-temporelle de la qualité de l'eau de la rivière Kinyankonge, affluent du Lac Tanganyika, Burundi. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 12(1), 576-595
- Camara A. I., Diomande D. et Gourene G., 2014. Impact des eaux usées et de ruissellement sur la biodiversité des macroinvertébrés de la rivière Banco. *Revue du CAMES*, 2, 58-68.
- Camargo J. A, Alonso A, De la Puente M., 2004. Multimetric assessment of nutrient enrichment in impounded rivers based on benthic macroinvertebrates. *Environmental Monitoring and Publishers*, 96 : 233-249.
- Carlisle D. M, Meador M. R, Moulton S. R, Ruhl P. M., 2007 Estimation and application of indicator values for common macroinvertebrate genera and families of the United States. *Ecological Indicators* 7, 22-33.
- Cayrou J, Compin A., Giani N. et Céréghino R., 2000. Associations spécifiques chez les macroinvertébrés benthiques et leur utilisation pour la typologie des cours d'eau. Cas du réseau hydrographique Adour-Garonne (France). *Annales de Limnologie. International Journal of Limnology*, 36, 189-202.
- Demoulin G., 1981 Ephéméroptères. In Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne, Tome II (Durand, J. -R. et Lévêque, C., eds). *Editions de l'ORSTOM* : 407-443.
- Diomande D., Bony Y. K., Edia E. O., Konan K. F. et Gourene G., 2009. Diversité des Macroinvertébrés Benthiques de la Rivière Agnéby (Côte d'Ivoire ; Afrique de l'Ouest). *European Journal of Scientific Research*, Vol. 35 No 3 : 368-377.
- Durand J. R. et Lévêque C., 1981. Flore et Faune aquatiques de l'Afrique SahéloSoudanienne, Tome II. *Editions de l'ORSTOM*, Paris, France. 482 p.
- Ewa E. E, Iwara A. I, Adeyemi J. A, Eja E. I, Ajake A. O et Otu C. A., 2011. Impact of industrial activities on water quality of omoku creek. *Sacha J Environ Studies*, 1(2) :8-16.
- Flura M. A. A, Akhery N, Mohosena B. T, Masud H. K., 2016. Physico-chemical and biological properties of water from the river Meghna, Bangladesh. *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, 4(2): 161-165.
- Foto M. S., Tchakonté S., Ajeagah G., Zébazé T. S. H., Bilong B. C. F. et Njiné T., 2013. Water quality assessment using benthic macroinvertebrates in a periurban stream (Cameroon). *Int. J. Biotech.*, 2 : 91-104.
- Foto M. S., Zébazé T. S. H., Njiné, T. et Nyamsi T. N. L., 2010. Macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Nga: Essai de caractérisation d'un référentiel par des analyses biologiques. *Eur. J. Sci. Res.*, 43 : 96-106.
- Foto M. S., Zébazé T. S. H., Nyamsi T. N. L et Njiné T., 2011. Évolution spatiale de la diversité des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau anthropisé en milieu tropical (Cameroun). *Eur. J. Sci. Res.*, 55: 291-300.
- Guenda W., 1996. Contribution à l'étude des Hydroptilidae (Insecta, Trichoptera) de l'Afrique de l'Ouest : le genre *Orthotrichia* Eaton de la rivière Mouhoun (Burkina Faso). *Annales de Limnologie*, Toulouse 32(4), 241-249.
- Grégoire, Y. et Trencia G. 2007. Influence de l'ombrage produit par la végétation riveraine sur la température de l'eau: un paramètre d'importance pour le maintien d'un habitat de qualité pour le poisson. Ministère des Ressources Naturelles et de la Faune, Secteur Faune Québec. Direction de l'aménagement de la faune de la région de la Chaudière-Appalaches. x + 19p + 4 annexes.

- Hong W. L., Syuhei B, Tsutomu I, Takashi M., 2003., Effect of temperature on development, growth and reproduction in the marine copepod *Pseudocalanus newmani* sating food condition. *Journal of Plankton Research*, 25(3) : 261-271.
- Jones C. K., Somers K. M., Craig B. et Reynoldson T. B., 2007. Ontario Benthos Biomonitoring Network Protocol Manuel, Ontario Ministry of Environment.
- Kaboré I, Moog O, Alp M, Guenda W, Koblinger T, Mano K, Ouéda A, Ouédraogo R, Trauner D et Melcher A. H., 2015. Using macroinvertebrates for eco system health assessment in semi-arid streams of Burkina Faso. *Hydrobiologia*. ISSN 0018-8158. DOI 10.1007/s10750-015-2443-6
- Kaboré I., Ouédraogo I., Tampo L., Ouéda A., Moog O., Guenda W. et Melcher A.H., 2016. Composition and dynamic of benthic macroinvertebrates community in semi-arid area rivers of Burkina Faso (West Africa). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 10(4), 1542-1561.
- Kadlec R. H, Reddy K. R., 2001. Temperature effects in treatment wetlands. *Water Environment Research*, 73: 543-557.
- Kamb Tshijik, J. C., NdeyIfuta, S., NtumbulaMbaya, A et Kiamfu Pwema, V., 2015. Influence du substrat sur la répartition des macroinvertébrés benthiques dans un système lotique: cas des rivières Gombe, Kinkusa et Mangengenge. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 9(2): 970-985
- Kambiré O, Adingra A. A, Eblin S. G, Aka N, Kakou A. C et Koffi-Nevry R., 2014. Caractérisation des eaux d'une lagune estuarienne de la Côte d'Ivoire: la lagune Aby. *Larhyss Journal*, 20: 95-110.
- Korfali S. I et Jurdi M., 2011. Suitability of surface water for domestic water use. Awali River Case Study: *European Water*, 35 : 3-12.
- Kouamé MK, Dietoa MY, Edia EO, Da Costa SK, Ouattara A, Gourène G., 2011. Macro invertebrates communities associated with macrophyte habitats in a tropical man-made lake (Lake Taabo, Cote d'Ivoire). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 400, 03. DOI : 10.105/kmae/2010035
- Koumba M., Mipounga H. K., Koumba A. A., Koumba C. R. Z., Mboye B. R., Liwouwou J. F., Mbega J. D et Mavoungou J. F., 2017. Diversité familiale des macroinvertébrés et qualité des cours d'eau du Parc National de Moukalaba-Doudou (sud-ouest du Gabon). *Entomologie Faunistique – Faunistic Entomology* 2017 70, 107-120
- Lafont M., 1983. Introduction pratique à la systématique des organismes des eaux continentales françaises - 3. Annélides-Oligochètes, 52-4, 108-135.
- Mary N., 2011. L'indice Biotique de la Nouvelle Calédonie (IBNC) et l'Indice Biosédimentaire (IBS). Guide Méthodologique et Technique, 58 p.
- Masson S., Desrosiers M., Pinel-Alloul B. et Martel L., 2010. Relating macroinvertebrate community structure to environmental characteristics and sediment contamination at the scale of the St. Lali'l'ence River. *Hydrobiologia*, 647: 35-50.
- Merritt R. W., Cummins K.W. et Berg M.B., 2008. An introduction to the aquatic insects of North America. 4th edition, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque IA, 1158 p.
- Mmualefhe L. C et Torto N., 2011. Water quality in the Okavango Delta. *Water SA* 37 : 411-418.
- Moisan J. et 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, Québec, Canada. 86 p.
- Moisan J., 2010. Guide d'identification des principaux macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec-Surveillance volontaire des cours d'eau peu profonds. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère du Développement durable, de l'Environnement et des parcs, ISBN: 978-2-550-58416-2, 82p.
- Moisan J., 2013. 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, ISBN : 978-2-550-69169-3, 98 p.
- Monney A. I., Ouattara I. N., Etilé R. N., Aka M. N., Bamba M. et Koné T.. 2016. Distribution du zooplancton en relation avec les caractéristiques environnementales de quatre rivières côtières du Sud-est de la Côte d'Ivoire (Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences*, 98: 9344-9353. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v98i.1.10>.
- Nanitunga M., 2011. Contribution à l'effort de production et de distribution de l'eau potable en R.D.C. "cas de la ville de Kinshasa". Thèse de doctorat en Sciences chimiques, Université de Kinshasa (R.D.C).
- Ngoay-Kossy J. C, Zébazé T. S. H, Wango S. P, Bolevane O. S. F, Tchakonté S et P., 2018. Bioindicateurs des milieux aquatiques lotiques en république centrafricaine : macroinvertébrés benthiques et pression anthropique du cours d'eau nguitto. *Revue d'Ecologie (Terre et Vie)*, Vol. 73 (4) : 603-616
- Ngoay-Kossy, J.C., 2010. Impact des rejets de l'abattoir d'Etoudi sur la dynamique des peuplements zooplanctoniques et des macroinvertébrés benthiques du cours d'eau Ako'o. Mémoire du diplôme de Master II. Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I.
- Ntakyiruta P, Nahimana D et Ntakimazi G., 2017. Contribution à l'estimation quantitative des nutriments apportés par la rivière Ntahangwa au lac Tanganyika. *Afrique Science*, 13(1) : 360 - 370.
- Nyamsi T. N. L., Foto M. S., Zébazé T. S. H., Onana F. M., Adandedjan D., Tchakonté S., Yémélé T. C., Koji E. et Njiné T. 2014. Indice Multimétrique des Macroinvertébrés Benthiques Yaoundéens (IMMY) Pour L'évaluation Biologique de la Qualité des Eaux de Cours D'eau de la Région du Centre Sud Forestier du Cameroun. *European Journal of Scientific Research*. 123(4), 412-430
- Onana F.M., Zébazé T. S. H., KOJI E., Nyamsi T. N. L. et Tchakonté S. 2016. Influence of municipal and industrial pollution on the diversity and the structure of benthic macro-invertebrates community of an urban river in Douala, Cameroon. *J. Biodiv. Environ. Sci.*, 8: 120-133.
- Peet, K. R., 1975. Relative diversity indices. *Ecology* 56 : 496-498.
- Peterson M., 2006. Course materials : Biology, ecology lab. Western Washington University, Department of biology, Bellingham, Washington.
- Rodier J, Legube B et Merlet N. 2009. Analyse de l'eau. 9^è édition. Paris, Dunod. 1600p
- Sanogo S. et Kabre T.J.A., 2014. Dynamique de structuration spatio-temporelle des populations de familles de

- macroinvertébrés dans un continuum lac de barrage-effluent-fleuve issu de périmètre irrigué. Bassin de la Volta (Burkina Faso). *Journal of Applied Biosciences*, 78, 6630-6645.
- Sanogo S., 2010. Étude comparative des macroinvertébrés et leur impact sur le régime alimentaire de *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) de deux cours d'eau permanents de la région ouest du Burkina Faso. Mémoire de master de recherche en analyse des populations des espaces fauniques et halieutiques. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 55 p.
- Sanogo S., Kabre T.J.A. et 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.
- Silva S., 2001. Using chemical and physical parameters to define the quality of river water. *Water Res.*, 35 (6). 1609-1616.
- Sørensen T. A., 1948. A method of establishing groups of equal amplitude in plant sociology based on similarity of species content, and its application to analyses of the vegetation on Danish commons. *Kongelige Danske Videnskabernes Selskabs Biologiske Skrifter*, 5, 1-34.
- Sow O., 2015. Diversité et structure des communautés de macroinvertébrés benthiques et de la faune ichthyologique de la rivière sacrée du village de Koro (Région des Hauts-Bassins, Burkina Faso). Mémoire de DEA en Sciences Biologiques Appliquées, Univ. Ouaga, 59 p.
- Stals R. et De Moor I. J., 2007. Guides to the freshwater Invertebrates of Southern Africa, Volume 10 : Coleoptera. *Water Research Commission. Pretoria, South Africa*. 263p.
- Tachet H., Richoux P., Bournaud M. et Usseglio-Polatera P., 2000. Invertébrés d'eau douce. Systématique, Biologie, écologie. *CNRS EDITIONS*, Paris, France. 588 p.
- Tchakonté S., 2016. Diversité et structure des peuplements de macroinvertébrés benthiques des cours d'eau urbains et périurbains de Douala (Cameroun). Thèse de Doctorat/PhD, Faculté des Sciences, Université de Yaoundé I., 200p
- Usseglio-Polatera P. et Beisel J. N., 2003. Biomonitoring international de la Meuse: analyse spatio-temporelle des peuplements macroinvertébrés benthiques sur la période 1998-2001. Programme de recherche de la commission internationale pour la protection de la Meuse. Rapport final. 135p.
- Yapo M. L., Aste B. C et Kouassi P., 2012. Inventaire des insectes aquatiques des étangs de pisciculteurs au sud de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, 58: 4208-4222.
