



Inventaire et distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés bioindicateurs de trois plans d'eau du bassin de la Volta au Burkina Faso.

Souleymane SANOGO¹, Jean André Tinkoudgou KABRE^{1*} et Philippe CECCHI²

¹Laboratoire de Recherche et de Formation en Pêche et Faune (LaRFPF/IDR), Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, BP. 1091 Bobo 01, Burkina Faso.

²Institut de Recherche et Développement, France.

*Auteur correspondant ; E-mail: ankab226@yahoo.fr

RESUME

Une étude des macroinvertébrés dans deux lacs de barrages hydro-agricoles (Bama et de Boura) et dans le lac naturel de Bala a permis de mettre en évidence la distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés bioindicateurs de la qualité des eaux. La collecte des échantillons a été inspirée de la méthode conventionnelle de la Directive Cadre sur l'Eau de l'Union Européenne (DCE). L'étude a permis d'identifier 26405 individus de macroinvertébrés répartis en 71 espèces et 33 familles au total sur les trois sites de Bama (25 familles), Boura (23 familles) et Bala (30 familles). Les polluo-sensibles ont été décrites au lac naturel de Bala : des crustacés de l'ordre des Cladocères et 7 familles d'insectes (Gyrinidés, Pleidés, Baetidés Ephéméridés, Tabanidés, Cératopogonidés et Canaceidés). L'étude a noté la présence de l'espèce *Hydrocanthus ferruginicollis* (Notéridés) particulièrement dominante dans les retenues hydro-agricoles de Bama (30,52% des Coléoptères) et Boura (27,32% des Coléoptères) ; tandis qu'elle ne représente que 7,51% des Coléoptères récoltés dans le lac naturel de Bala. Cette étude considère que les polluo-sensibles et les polluo-résistants décrits respectivement à Bala et à Bama et Boura peuvent être considérés comme de potentiels bioindicateurs des plans d'eau du bassin de la Volta.

© 2014 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Macroinvertébrés, distribution, bioindicateurs, petits plans d'eau, bassin de la Volta, Burkina Faso.

INTRODUCTION

La petite irrigation a été au cœur de la recherche agricole des pays subsahariens afin de garantir la sécurité alimentaire (Burney et Naylor, 2012). La construction de structure de stockage d'eau tels les petits barrages répond en partie aux attentes des populations de ces régions. En effet, les avantages socio-économiques de ces ouvrages régissent les dynamiques démographiques des zones rurales. D'une part, ils permettent la fixation des populations locales et d'autre part, ils exercent un véritable tropisme sur de

nouvelles populations (Cecchi, 2007). Pourtant, la densification démographique et l'intensification agricole restent des causes majeures de dégradation des écosystèmes aquatiques (Leight et al., 2010 ; Sass et al., 2010). En effet, les contaminants issus des intrants agricoles jouent sur le développement du biote présent. Leboulanger et al. (2011) ont ainsi décrit la toxicité de cocktails de contaminants phytosanitaires sur les communautés planctoniques. Au Burkina Faso, avec près de 1700 retenues d'eau construites (Cecchi et al., 2009), la

dégradation des écosystèmes liés aux plans d'eau artificiels et naturels devient une préoccupation croissante. Outre l'envasement, les pollutions physico-chimiques liées aux activités anthropiques endogènes de leurs bassins versants, ont motivé bien de chercheurs. Kabré (1994) a par exemple lié les problèmes de santé chez les juvéniles de tilapias aux perturbations écologiques constatées au niveau du lac de barrage de Loubila au centre du pays. De manière générale, les ressources en eaux du pays semblent amorcer une détérioration qualitative (GIRE, 2001). Les perturbations des écosystèmes aquatiques se ressentent très souvent au niveau des communautés biologiques (Moisan et Pelletier, 2008). Ainsi, la surveillance de l'intégrité de ces écosystèmes s'est beaucoup basée aujourd'hui sur des mesures relatives aux communautés biologiques en place, et notamment les macroinvertébrés. Ces organismes diversement répandus au niveau des différentes strates de l'eau se caractérisent par leur polluo-sensibilité différentielle ; caractère utilisé en bioindication des écosystèmes aquatiques. Différents travaux se sont intéressés à ces organismes au Burkina Faso : on peut se référer à la liste faunistique des Chironomidées proposée par Déjoux (1977), aux travaux de Guenda (1996) sur les simulidés des bassins de la Volta, aux inventaires de la faune entomologique benthique rapportés par Kabré et al. (2000) et à la structuration des macroinvertébrés en général par Kabré et al. (2002). Cependant, aucune de ces études antérieures, ne met en exergue des taxons de macroinvertébrés aquatiques d'intérêt écologique voire bioindicateurs de qualité biologique de ces plans d'eau.

La question recherche de la présente étude est que les activités agricoles ou anthropiques impactent la biodiversité et la distribution spatio-temporelle des macroinvertébrés inféodés aux plans d'eau du bassin de la Volta.

MATERIEL ET METHODES

Milieu d'étude

La superficie de 247 200 km² du Burkina Faso est divisée en 3 grands bassins versants : le bassin du Niger, le bassin de la Comoé et celui de la Volta. Ce dernier est le plus vaste du pays avec une superficie de 178 000 km² (Figure 1). Il est subdivisé en 3 sous-bassins qui sont le sous-bassin du Nakambé, le sous-bassin du Nazinon et le sous-bassin du Mouhoun. Le sous-bassin du Mouhoun où se situent les trois plans d'eau (Bama, Boura et Bala) d'investigation de cette étude, a une superficie de 77 500 km². C'est une zone assez bien arrosée par rapport au reste du pays : la pluviométrie annuelle varie entre 900 et 1500 mm. On y trouve des cours d'eau permanents, des lacs, des mares et des sources d'eau souterraines. Le climat de type tropical soudano-sahélien est caractérisé par l'alternance de deux saisons bien distinctes : une saison des pluies (mi-mai à octobre) et une saison sèche le reste de l'année. Les mois chauds sont les mois de février, mars, avril et de mai. Les températures minimales annuelles varient entre 18 °C et 26 °C (en décembre et avril respectivement), et les maximales entre 30 °C à 38 °C (en décembre et avril respectivement). L'évapotranspiration réelle est estimée à 860 mm (Wellens et al., 2009). Les cours d'eaux permanents de la région bénéficient de la contribution des ressources aquifères.

Notre étude s'est focalisée sur le réservoir de Bama, le lac de barrage de Boura et le lac naturel de Bala (Figure 1). Le réservoir de Bama (11°23' N, 4°24' W) est localisé à une trentaine de kilomètres de la ville de Bobo-Dioulasso. Il est situé au cœur d'aménagements hydro-agricoles couvrant une superficie totale de près de 3000 hectares dont un périmètre rizicole irrigué établi en 1972 de 1260 hectares. D'innombrables parcelles y sont par ailleurs cultivées (bananes, maïs, papayes, choux, maraîchage) avec les mêmes cultures en hivernage qu'en contre saison.

D'une superficie de 50 hectares environ, le réservoir de Bama est le fruit des

déficiences techniques et du manque d'entretien des aménagements hydrauliques : il est situé au centre de nombreuses parcelles dont il collecte une partie des écoulements. Des mutations génétiques ayant favorisé l'adaptation des moustiques de la zone aux insecticides ont été rapportées par Dabiré et al. (2008) qui attestent des pressions contaminantes élevées.

Le lac du barrage de Boura (11°02'N, 2°30'W) est situé dans la commune de Boura à 50 km de Léo, chef-lieu de la province de la Sissili et à environ 200 km à l'Est de Bobo-Dioulasso. Ce réservoir de 4,2 millions de m³ a été créé en 1983 sur l'affluent principal du fleuve Sissili qu'est la rivière Kabarvaro pour répondre aux besoins pastoraux, humains et agricoles des populations riveraines. Son bassin versant (110 km²) est intensément cultivé, principalement à des fins vivrières. Le réservoir soutient l'irrigation de plusieurs périmètres situés tant sur les rives du réservoir (environ 30 hectares de cultures maraîchères et de maïs) qu'en aval de la digue (de l'ordre de 75 hectares de riziculture et de maïs) et exploités tant durant la saison des pluies qu'en contre-saison. Une quarantaine de pêcheurs exploitent le site tandis que de très nombreux troupeaux viennent s'y abreuver, notamment en saison sèche, ce point d'eau étant l'un des rares pérennes de toute la province de la Sissili.

La mare aux hippopotames de Bala (11°34'N, 4°10'W) est un lac naturel, avec une superficie variant de 80 à 350 ha (Béarez, 2003) et une capacité de l'ordre de 0,14 millions de m³, situé dans le village de Bala, département de Satiri à une soixantaine de kilomètres au Nord-est de Bobo-Dioulasso. La mare et l'intégralité de son bassin versant (192 km²) ont été classées Réserve de la Biosphère par L'UNESCO en 1987, puis site RAMSAR en 1990 : toute activité agricole y est strictement interdite. D'une longueur de 2,6 km pour 700 m de largeur en moyenne, le lac est alimenté par le Tinamou qui prend lui-même sa source au niveau de diverses résurgences phréatiques 4 km plus au sud. Le lac est localisé dans la pleine d'inondation du

Mouhoun correspondant à une dépression au niveau de la rive droite du cours d'eau (Béarez, 2003). La mare aux hippopotames est située dans une zone de climat sud-soudanien, avec une pluviométrie moyenne annuelle de 1200 mm. La profondeur maximale du plan d'eau varie saisonnièrement entre 1 m et 4 m (Dibloni et al., 2010). Ce lac a été choisi comme site de référence puisqu'aucune activité agricole n'est autorisée à proximité immédiate.

Echantillonnage des macroinvertébrés

La collecte des macroinvertébrés aquatiques des trois sites a été réalisée mensuellement de février à juillet 2012. Ces mois correspondent à la saison sèche qui est une période de fort stress pour ce type d'écosystème aquatique tel que décrit par Aka et al. (2000), Thomas et al. (2000) et Arfi et al. (2001): absence d'écoulements et donc de renouvellement, forte évaporation, contraction des habitats. Vue l'importance de la couverture végétale au niveau des zones d'échantillonnage (littoral et sublittoral), les 12 coups de filets préconisés par la Directive Cadre sur l'Eau de l'Union Européenne (DCE) en tenant compte des potentiels habitats des macroinvertébrés, ont été répartis équitablement entre la vase et les zones d'herbacées. Les espèces de surfaces ont aussi été capturées. Les macroinvertébrés ont été collectés au niveau du littoral et du sublittoral des différents plans d'eau à l'aide d'un filet de type Surber d'ouverture 25 cm et d'un filet troubleau d'une ouverture de 30 cm de diamètre. Le filet Surber de collecte des espèces benthiques est tiré sur une longueur de 1 m; cette opération étant reprise 6 fois au niveau du littoral et 6 fois au niveau du sublittoral. La surface de balayage correspond donc à 3m² par échantillonnage. Après capture, les espèces de macroinvertébrés sont triées et conservées dans de l'alcool 90°. Le reste du benthos contenant des macroinvertébrés non visibles à l'œil nu, est conservé dans des bocaux avec de l'alcool 90° pour un tri au laboratoire. Le filet troubleau a servi à collecter les espèces inféodées aux

chevelures racinaires des macrophytes. Pendant 30 secondes, le filet est passé sous les plantes ; cette opération étant reprise 6 fois au niveau du littoral et 6 fois au niveau du sublittoral. Le contenu du filet composé de parties de plantes, de macroinvertébrés et de boue, est rincé à l'eau, puis les macroinvertébrés sont retirés et conservés à l'alcool 90° ; le reste étant conservé dans des bocaux de l'alcool 90° pour un tri au laboratoire. Ce filet a également servi à la capture des espèces de surface.

Identification des macroinvertébrés

Les insectes ont été identifiés grâce aux clés d'identification de Durand et Levêque (1981), Merrit et Cummins (1984), Tachet et al. (2000) et de Moisan (2006). Les mollusques ont été identifiés à l'aide de la clé de Moisan (2010) et de la publication de Brown (1980). Le document de Moisan (2010) a aussi permis d'identifier les vers. Le niveau taxonomique reste la famille pour certains individus ; néanmoins, l'identification des espèces fut possible en utilisant les documents déjà cités et les ressources du site web <http://bugguide.net/node/view/351669/tree>.

Analyses statistiques

Les densités des macroinvertébrés benthiques (nombre d'individus au m²) ont été calculées en pondérant les abondances obtenues par la surface effective de balayage (3 m²).

$$\text{Densité benthique} = \frac{\text{Nombres d'individus (de la vase)}}{3 \text{ m}^2}$$

Le logiciel Past (PAleontological STatistics, Version 2.16, Hammer et al., 2001) a été utilisé pour construire le dendrogramme de classification hiérarchisée permettant la discrimination des retenues d'eau. La distance euclidienne est utilisée comme distance d'assemblage. Comme indices écologiques, nous avons calculé les fréquences d'occurrence et les indices de diversité de

Shannon (Indice de Shannon calculé avec le logiciel Past). Le t-test effectué avec le logiciel SIGMA PLOT 3.5 a permis de comparer les moyennes, des indices de Shannon, la densité des macroinvertébrés benthiques et de calculer les probabilités pour que les communautés des différentes retenues prises deux à deux soient identiques.

Indices écologiques

La fréquence d'occurrence (F) d'un taxon est le ratio entre le nombre d'échantillon (Pa) d'une station où le taxon est présent par le nombre total (P) d'échantillon.

$$F = \frac{P_a}{P} \times 100$$

Trois groupes sont ainsi définis (Dajoz, 1985): le premier concerne les taxons "très fréquents" avec $F \geq 50\%$; le deuxième groupe correspond aux individus "fréquents" avec $25\% \leq F < 50\%$; les taxons rares forment le troisième groupe avec $F < 25\%$. Dans cette étude de comparaison de retenues, un quatrième groupe est aussi défini : il s'agit des individus absents avec $F = 0\%$.

L'indice de diversité de Shannon (Shannon et Weaver, 1949) est donné par la formule

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i$$

$$p_i = N_i / N$$

N_i : nombre d'individus d'un taxon donné, i allant de 1 à S (nombre total de taxons).

N : nombre total d'individus.

H' est minimal ($=0$) si tous les individus du peuplement appartiennent à un seul et même taxon, H' est également minimal si dans un peuplement, chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté un taxon qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon équitable sur tous les taxons.

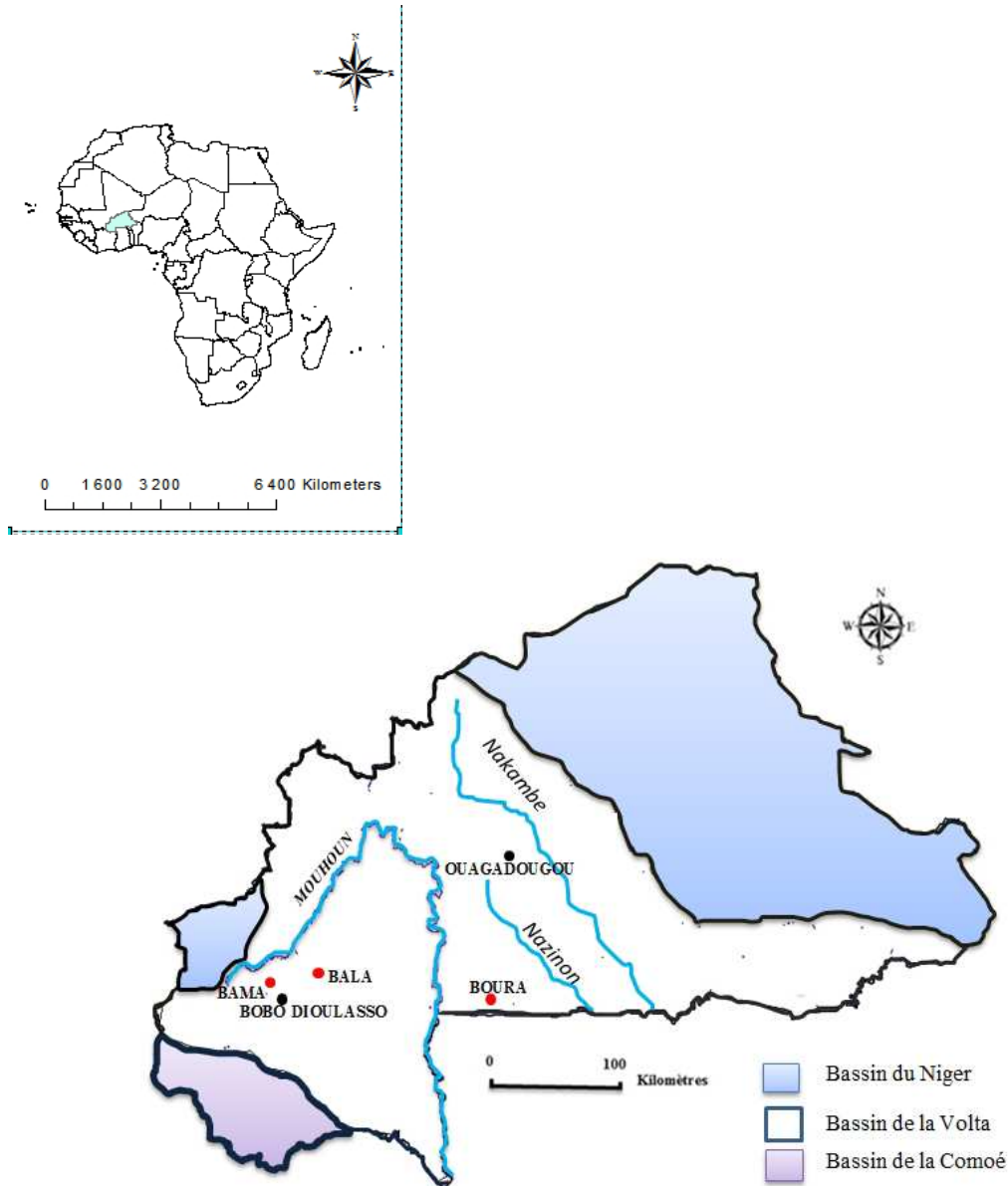


Figure 1: Carte des bassins du Niger (bleu), de la Volta (blanc) et de la Comoé (rose) au Burkina Faso et localisation des trois sites d'étude dans le sous-bassin du Mouhoun.

RESULTATS

Macroinvertébrés aquatiques collectés au niveau des trois retenues

Un nombre total 26 405 individus de macroinvertébrés aquatiques ont été capturés pendant la période de collecte : 9914 à Boura, 9825 à Bama et 6666 à Bala. Cette population est très largement dominée par les insectes qui

représentent 85,74% des captures. Les mollusques correspondent à 13,62% tandis que les vers (0,57%) et les crustacés (0,05%) constituent des communautés très marginales. Les Tableaux 1, 2 et 3 présentent les effectifs des différents macroinvertébrés aquatiques collectés dans chacun des sites. D'une manière globale, l'étude a permis d'identifier

26405 individus de macroinvertébrés répartis en 71 espèces et 33 familles au total sur les trois sites de Boura (23 familles), Bama (25 familles) et Bala (30 familles) (Tableau 7).

Insectes aquatiques

Cinq ordres d'insectes ont été collectés au niveau des trois retenues à savoir les Coléoptères, les Hétéroptères, les Odonates, les Diptères et les Ephéméroptères. Les individus de ce dernier ordre ont été échantillonnés seulement au niveau du lac naturel de Bala.

Ordre des Coléoptères

Les familles de Coléoptères présentes dans nos échantillons sont les Hydrophilidés, les Dytiscidés, les Carabidés, les Notéridés, les Curculionidés, les Hydrochidés et les Gyrinidés. Cet ordre des Coléoptères représente plus de la moitié des insectes avec 78,90% à Bama, 85,41% à Boura et 71,13% à Bala. Les familles de Coléoptères communes aux échantillons issus de ces trois retenues sont les Hydrophilidés, les Dytiscidés, les Carabidés et les Notéridés. Les échantillons de Boura ne contiennent que ces quatre familles ; parallèlement, les échantillons du réservoir de Bama contiennent, en plus de ces quatre familles, deux autres familles dont les Curculionidés et les Hydrochidés. Les échantillons du réservoir naturel de Bala se distinguent par la présence, en plus des quatre familles communes, de la famille des Gyrinidés. Les différentes familles de cet ordre des Coléoptères correspondent à 31 espèces réparties comme suit : Hydrophilidés (13 espèces) ; Dytiscidés (11 espèces) ; Gyrinidés (1 espèce) ; Carabidés (1 espèce) ; Notéridés (3 espèces) ; Curculionidés (1 espèce) ; Hydrochidés (1 espèce). Toutes les 11 espèces des Dytiscidés se retrouvent seulement dans les échantillons de Bama en février et dans ceux de Boura en mai. Les trois espèces de la famille des Notéridés sont les seules présentes dans tous les échantillons des trois retenues (Figure 2) ; ces trois espèces sont *Hydrocanthus ferruginicollis* Regimbart, 1895,

Hydrocanthus iricolor Say, 1823 et *Hydrocanthus atripennis* Say, 1834. L'espèce *H. ferruginicollis* est fortement représentée au niveau des échantillons issus des retenues hydro-agricoles de Bama et de Boura (Figure 3). En effet, au niveau des échantillons de Bama, elles représentent 30,52% des Coléoptères, 27,32% de ceux de Boura et 7,51% de ceux de Bala. Dans la même direction de représentativité, l'espèce *Crenitis sp* de la famille des Hydrophilidés a été observée avec les proportions suivantes, Bama (8,99%), Boura (8,69%) et Bala (7,72%) ; ces deux espèces (*H. ferruginicollis*, *Crenitis sp*) sont considérées comme polluo-résistantes.

Ordre des Hétéroptères

Les familles d'Hétéroptères présentes dans nos échantillons ne représentent que moins de 10% des insectes échantillonnés avec 8,20% à Bama, 7,36% à Boura et 9,99% à Bala. Ces insectes ont été échantillonnés pour la plupart au niveau des racines des plantes aquatiques et de la surface de l'eau. On dénombre 8 familles regroupant 11 genres. Ces familles sont : les Notonectidés, les Naucoridés, les Belostomatidés, les Népidés, les Gerridés, les Pleidés, les Herbridés et les Hydrométridés. Chaque genre est représenté par une espèce soit au total 11 espèces décrites. Tous ces genres se retrouvent au niveau des échantillons du réservoir naturel de Bala sauf le genre *Belostoma*, présent seulement au niveau des autres retenues. Les échantillons de ce réservoir naturel contiennent également des individus de la famille des Pléidés, famille absente des échantillons des réservoirs hydro-agricoles.

Ordre des Diptères

Cet ordre des Diptères représente 10,37% des insectes collectés à Bama, 5,22% de ceux de Boura et 14,43% de ceux de Bala. Nous avons dénombré 6 familles dans cet ordre à savoir les Tabanidés, les Cératopogonidés, les Canaceidés, Les Chironomidés, les Syrphidés et le Psychodidés. Les cinq premières familles se rencontrent dans les échantillons de la retenue

de Bala, trois au niveau de ceux de Bama (Chironomidés, Syrphidés et Psychodidés) et deux au niveau de ceux de Boura (Chironomidés et Syrphidés). Les Chironomidés représentent 88,30% des Diptères collectés à Bama, 95,52% de ceux collectés à Boura et 88,55% de ceux collectés à Bala.

Ordre des Odonates

Trois familles ont été échantillonnées au niveau des trois sites : les Gomphidés, les Coenagrionidés et les Libellulidés. Les odonates représentent 2,52% des insectes collectés à Bama, 1,99% des insectes collectés à Boura et 4,19% de ceux collectés à Bala. Dans cet ordre, les Libellulidés sont présents avec le maximum d'individus de 52% au niveau de Bama, 45,58% à Boura et 54,58% à Bala.

Ordre des Ephéméroptères

Les deux familles qui composent cet ordre à savoir les Beatidés et les Ephéméréllidés n'ont été échantillonnées que dans le réservoir protégé de Bala. Les individus ont été capturés au niveau des racines des macrophytes. Les valeurs quantitatives restent très faibles. En effet, les Beatidés représentent 0,21% des insectes et les Ephéméréllidés en représentent 0,04 %.

Vers aquatiques

Les vers représentent moins de 1% des macroinvertébrés échantillonnés (0,29% à Bama, 0,75% à Boura et 0,72% à Bala). Une seule famille à savoir les Hirudinés est présente dans nos échantillons. Ces individus ne sont pas strictement benthiques et leur nombre tend à s'accroître pendant les périodes de pluies.

Crustacés

Les Cladocères sont les seuls Crustacés échantillonnés. Ils ont été rencontrés seulement à Bala et représentent 0,21% des macroinvertébrés de cette station.

Mollusques

Cinq familles ont été échantillonnées au niveau des trois retenues à savoir les Bulinidés, les Unionidés, les Lymnéidés, les Planorbidés et les Valvatidés. Ces individus représentent 9,11% des macroinvertébrés collectés à Bama, 13,15% des macroinvertébrés collectés à Boura et 21% de ceux collectés à Bala. Les Bulinidés sont les plus importants de cet Embranchement avec 44,4% à Bama, 36,15% à Boura et 36,33% à Boura.

Evolution de la densité benthique au niveau des retenues de Bama, de Boura et de Bala

Les densités de macroinvertébrés benthiques au niveau de ces trois retenues évoluent de manière identique (Figure 4). En effet, les densités benthiques sont maximales en saison sèche (mars pour Boura et avril pour Bama et Bala) puis décroissent progressivement. Les densités au niveau des retenues hydro-agricoles restent supérieures par rapport au réservoir naturel de Bala. On obtient pendant les périodes de pic, à Bama, 517 individus au m², 434 individus au m² à Boura et 394 individus au m² à Bala. La moyenne des densités est de 301,2 ± 183,3 individus au m² à Bama, 282,33±154,32 individus au m² à Boura et de 330,37±117,59 individus au m² à Bala. L'analyse des résultats du t-test (Tableau 4) indique qu'il n'y a pas de différence significative entre ces moyennes. En effet, les probabilités étant supérieures à 0,05 les densités benthiques moyennes des trois retenues ne sont pas statistiquement différentes.

Classifications hiérarchiques de dissemblance des retenues en fonction du matériel biologique collecté

L'analyse du dendrogramme de dissemblance des trois retenues (Figure 5) donne deux clusters opposant les retenues anthropisées (Bama et Boura) au lac naturel protégé de Bala.

Diversité des macroinvertébrés des trois retenues

Fréquence d'occurrence (F)

Sur les 33 familles de macroinvertébrés, 17 sont très fréquentes au niveau des trois retenues (Tableau 4). Ce sont les familles des Hydrophilidés, des Dytiscidés, des Carabidés, des Noteridés, des Notonectidés, des Bélostomatidés, des Népidés, des Gerridés, des Herbridés, des Hydrométridés, des Chironomidés, des Gomphidés, des Libellulidés, des Coanogrionidés (toutes des Insectes), les Hirudinés (Vers), les Bulinidés, les Lymnéidés, les Planorbidés et les Valvatidés (Mollusques). Les familles absentes au niveau du lac naturel de Bala et présentes dans l'une des retenues anthropisées ont des fréquences d'occurrence inférieures à 50%. Par contre, les familles des Gyrinidés, des Pléidés, des Tabanidés, des Cératopogonidés, des Canacéidés et des Beatidés (toutes des Insectes) qui sont absentes des retenues

anthropisées sont très fréquentes ($F \geq 50\%$) dans le lac naturel de Bala.

Diversité de Shannon

La Figure 6 indique une évolution identique de l'indice de diversité de Shannon au niveau des trois retenues. Le mois de mai est le mois de faible diversité au niveau des deux retenues anthropisées avec un indice de 1,746 à Bama et de 1,624 à Boura. Les valeurs sont légèrement plus élevées à Bala, et le mois faible indice est celui d'avril avec 2,006. On constate, néanmoins au niveau des trois sites, une augmentation de la diversité des macroinvertébrés à partir de juin et plus les fortes valeurs ne s'observent que pendant le mois de juillet avec 2,463 à Bama, 2,532 à Boura et 2,647 à Bala. La moyenne des indices est de $2,0458 \pm 0,2547$ à Bama, $2,0077 \pm 0,3212$ à Boura et de $2,3585 \pm 0,2751$ à Bala. L'analyse des résultats du t-test (Tableau 6) indique qu'il n'y a pas de différence significative entre ces moyennes ($P > 0,05$) : les diversités moyennes des trois sites ne sont pas statistiquement différentes.

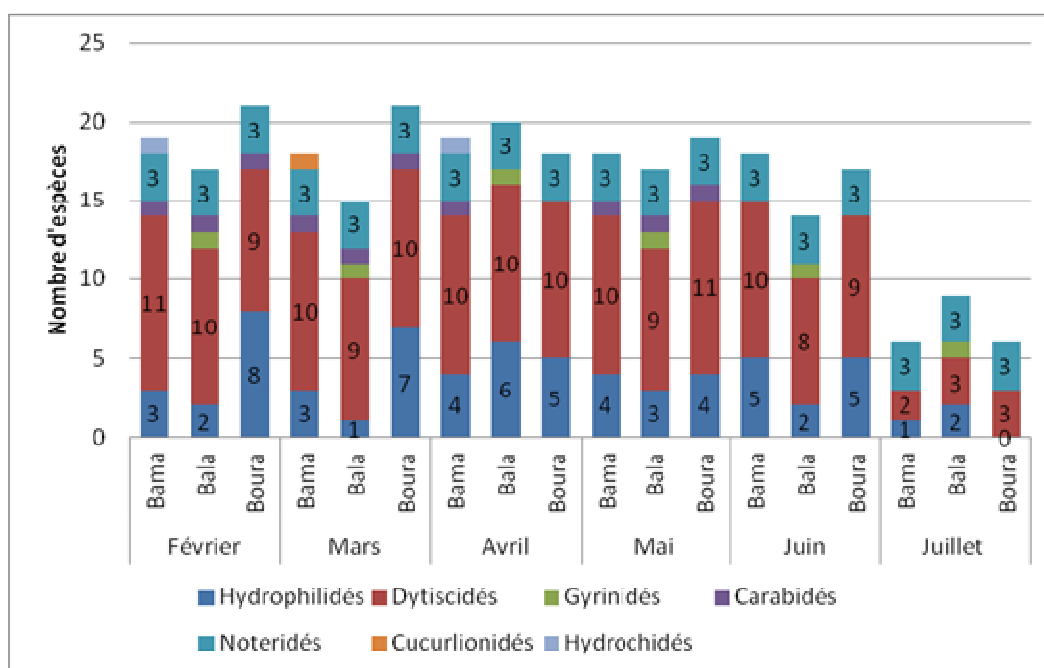


Figure 2: Variation du nombre d'espèces par famille de Coléoptères au niveau des plans d'eau de Bama, Boura et de Bala.

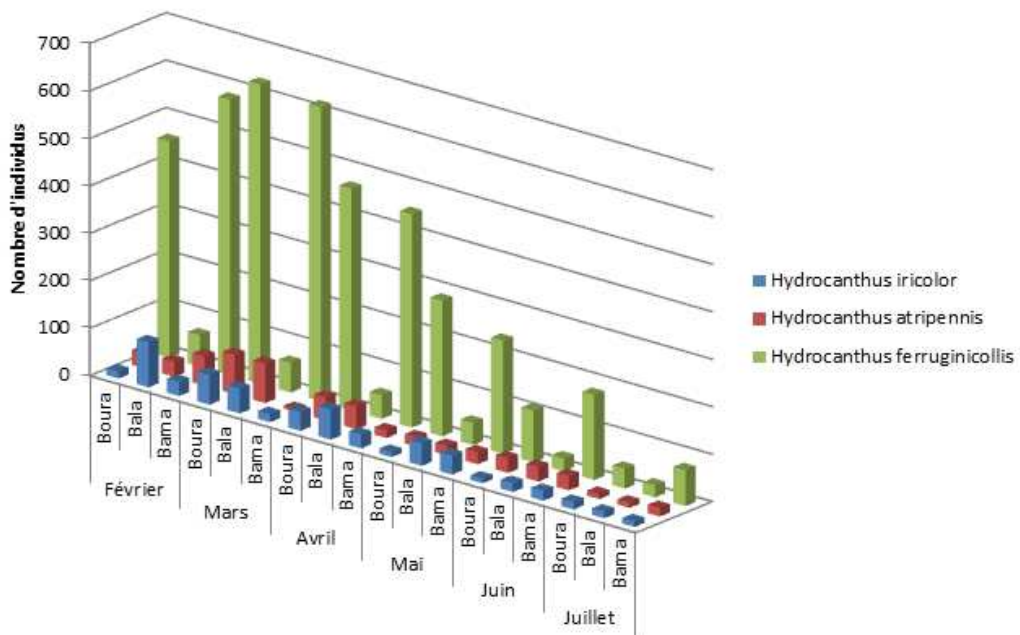


Figure 3: Variations mensuelles du nombre d'individus des espèces (*H. ferrugicollis*, *H. iricolor* et *H. atripennis*) de la famille des Notéridés communément rencontrées dans les plans d'eau de Bama, Boura et Bala.

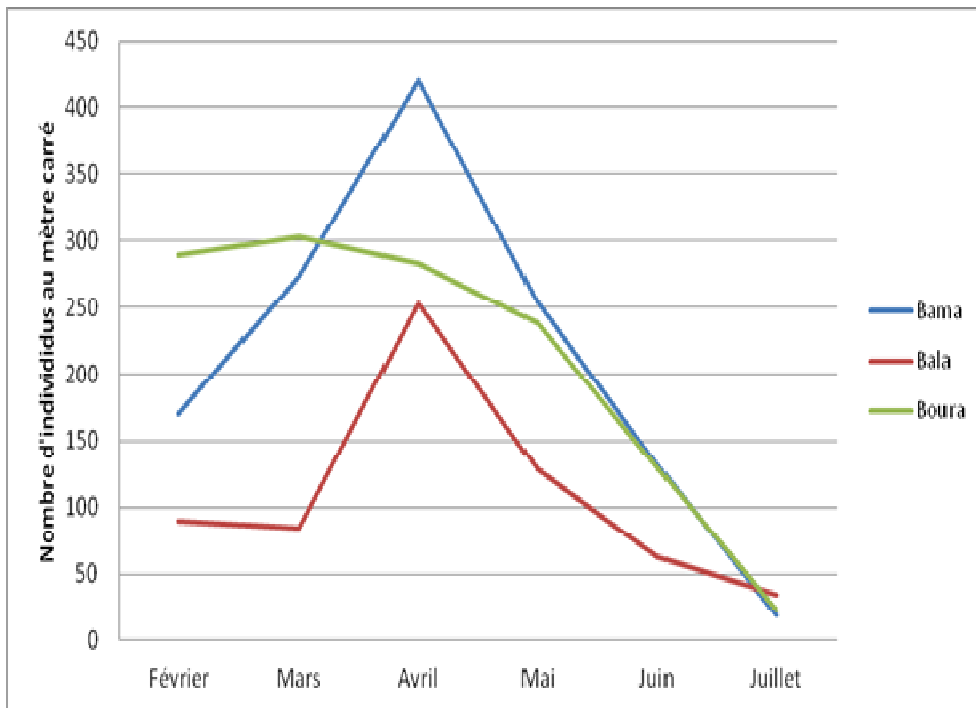


Figure 4 : Evolution de la densité benthique au niveau des plans d'eau de Bama, Boura et de Bala.

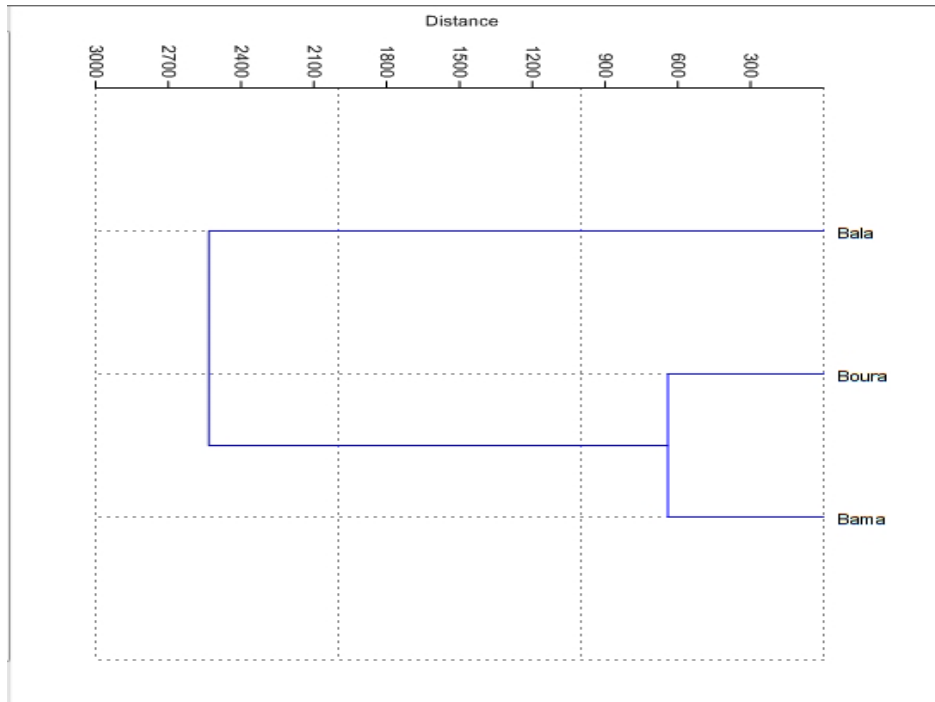


Figure 5 : Classification hiérarchique des plans d'eau de Bama, Boura et de Bala basée sur la similarité des assemblages de familles de macroinvertébrés.

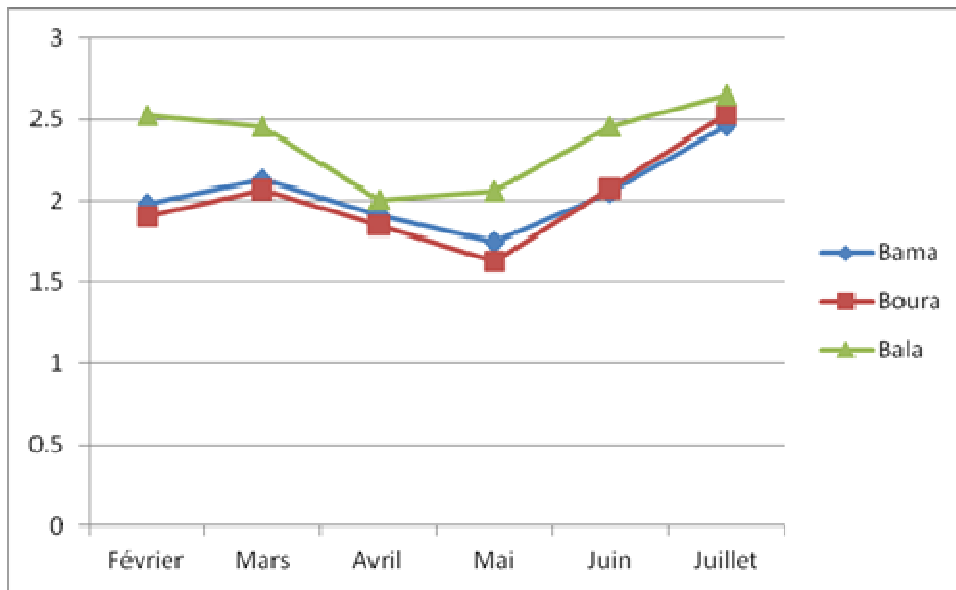


Figure 6 : Evolution de l'indice de diversité de Shannon au niveau des plans d'eau de Bama, de Boura et de Bala.

Tableau 1 : Macroinvertébrés échantillonnés au niveau du plan d'eau de Bama.

Macroinvertébrés	Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet	
	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos
COLEOPTERES												
Hydrophilidae	421	67	358	230	1059	677	904	462	336	190	26	0
Dytiscidae	200	153	367	259	356	298	190	139	141	120	8	1
Gyrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carabidae	3	0	9	0	2	0	23	0	0	0	0	0
Noteridae	673	243	643	333	495	212	303	161	230	86	106	46
Cucurlionidae	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrochidae	73	49	0	0	86	72	0	0	0	0	0	0
HETEROPTERES												
Notonectidae	0	0	23	0	31	0	24	0	18	0	9	0
Naucoridae	14	0	2	0	7	0	9	0	5	0	1	0
Belostomatidae	34	0	40	0	38	0	10	0	60	0	55	0
Nepidae	56	0	42	0	44	2	19	3	26	0	5	0
Gerridae	0	0	0	0	16	0	3	0	0	0	21	0
Pleidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herbridae	12	0	3	0	18	0	0	0	0	0	0	0
Hydrometridae	8	0	11	0	0	0	14	0	31	0	11	0
DIPTERES												
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canaceidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	190	161	271	258	129	125	136	124	36	36	53	31
Syrphidae	9	9	33	33	41	41	6	6	7	7	0	0

Psychodidae	3	3	0	0	9	9	0	0	0	0	0	0
ODONATES												
Gomphidae	3	3	11	11	18	18	1	1	8	8	19	19
Libellulidae	18	18	11	11	33	33	6	6	23	23	26	26
Coenagrionidae	7	7	25	25	2	2	0	0	2	2	12	12
EPHEMEROPTERES												
Baetidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ephemerellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VERS												
Hirudinae	6	0	2	0	0	0	7	0	3	0	11	0
CRUSTACES												
Cladocères	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOLLUSQUES												
Bulinidae	96	32	61	21	61	6	99	12	23	12	55	0
Unionidae	4	4	0	0	5	3	0	0	6	5	0	0
Lymneidae	0	0	80	80	6	6	27	27	19	19	8	8
Planorbidae	14	14	28	28	19	18	22	11	6	6	9	9
Valvatidae	30	18	119	114	36	29	36	36	13	13	13	11

Tableau 2 : Macroinvertébrés aquatiques collectés au niveau de la retenue d'eau de Boura.

Macroinvertébrés	Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet	
	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos
COLEOPTERES												
Hydrophilidae	986	325	444	269	892	496	792	400	364	168	0	0
Dytiscidae	358	215	333	231	263	169	204	138	208	162	59	37
Gyrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carabidae	3	0	11	0	0	0	2	0	0	0	0	0
Noteridae	504	327	777	407	555	185	317	175	150	57	69	31
Cucurionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrochidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HETEROPTERES												
Notonectidae	16	0	25	0	12	0	18	0	22	0	15	0
Naucoridae	7	0	23	0	0	0	0	0	6	0	9	0
Belostomatidae	23	0	35	0	31	0	21	0	16	0	18	0
Nepidae	38	0	23	0	32	0	16	0	34	0	7	0
Gerridae	0	0	23	0	0	0	0	0	13	0	19	0
Pleidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Herbridae	22	0	0	0	6	0	18	0	21	0	0	0
Hydrometridae	12	0	6	0	22	0	3	0	9	0	8	0
DIPTERES												
Tabanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratopogonidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Canaceidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chironomidae	58	40	161	148	120	109	48	48	33	29	6	6
Syrphidae	2	2	5	5	13	13	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ODONATES												
Gomphidae	15	15	3	3	17	17	11	11	4	4	10	10
Libellulidae	13	13	8	8	22	22	10	10	19	19	6	6
Coenagrionidae	10	10	1	1	6	6	2	2	7	7	6	6
EPHEMEROPTERES												
Baetidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ephemerelidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VERS												
Hirudinae	7	0	14	0	3	0	4	0	26	0	20	0
CRUSTACES												
Cladocères	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MOLLUSQUES												
Bulinidae	143	6	129	23	134	3	47	7	14	3	6	2
Unionidae	4	4	7	0	15	2	13	1	17	9	6	5
Lymneidae	125	116	60	52	5	5	14	12	26	3	14	14
Planorbidae	21	10	63	41	20	19	5	5	11	10	26	25
Valvatidae	114	88	140	113	88	69	22	11	2	0	13	8

Tableau 3 : Macroinvertébrés aquatiques collectés au niveau du lac naturel de Bala.

Macroinvertébrés	Février		Mars		Avril		Mai		Juin		Juillet	
	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos	Total	Benthos
COLEOPTERES												
Hydrophilidae	82	19	86	69	801	427	301	135	70	38	98	39
Dytiscidae	237	200	257	226	376	293	292	217	172	122	26	12
Gyrinidae	24	24	9	9	26	26	9	9	18	18	35	35
Carabidae	31	0	11	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Noteridae	201	25	127	51	188	12	118	25	55	11	49	17
Cucurionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hydrochidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HETEROPTERES												
Notonectidae	7	0	0	0	34	0	12	0	16	0	9	0
Naucoridae	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Belostomatidae	33	0	29	0	12	0	16	0	36	0	28	0
Nepidae	8	0	18	0	35	0	3	0	2	0	0	0
Gerridae	11	0	8	0	13	0	6	0	15	0	39	0
Pleidae	11	11	0	0	2	0	0	0	0	0	9	3
Herbridae	16	0	4	0	10	0	25	0	0	0	0	0
Hydrometridae	7	0	4	0	0	0	0	0	20	0	17	0
DIPTERES												
Tabanidae	9	9	18	17	4	4	0	0	0	0	8	8
Ceratopogonidae	6	6	3	3	0	0	0	0	0	0	2	2
Canaceidae	4	4	4	4	2	2	9	9	5	5	3	3
Chironomidae	79	62	205	156	218	181	68	45	65	65	30	30
Syrphidae	0	0	7	7	2	2	0	0	0	0	0	0
Psychodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

ODONATES												
Gomphidae	3	3	5	5	3	3	9	9	11	11	8	8
Libellulidae	22	22	34	34	12	12	9	9	17	17	25	25
Coenagrionidae	7	7	11	11	9	9	14	14	6	6	13	13
EPHEMEROPTERES												
Beatidae	0	0	6	0	0	0	0	0	4	0	1	0
Ephemerellidae	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
VERS												
Hirudinae	2	0	4	0	1	0	0	0	13	0	28	0
CRUSTACES												
Cladocères	10	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0
MOLLUSQUES												
Bulinidae	119	21	116	31	121	13	63	9	17	0	72	28
Unionidae	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lymneidae	52	48	25	25	107	107	0	12	21	21	0	0
Planorbidae	57	57	87	86	33	33	11	11	11	11	2	2
Valvatidae	175	154	91	63	71	58	88	86	18	10	42	28

Tableau 4 : Résultats du t-test sur les moyennes des densités macroinvertébrés benthiques (valeurs mensuelles, N=6) des retenues de Bama, Boura et de Bala.

Comparaison des sites	Bama/Boura	Bama/Bala	Boura/Bala
Test t de moyenne	0,2027	1,0452	0,92153
p (moyennes identiques)	0,84343*	0,32054	0,37847

p étant la probabilité que les moyennes soient identiques ; * signifie que les deux moyennes sont identiques.

Tableau 5 : Fréquence d'occurrence des différentes familles de macroinvertébrés échantillonnées dans les retenues de Bama, Boura et Bala.

Macroinvertébrés	Fréquence d'occurrence			Macroinvertébrés	Fréquence d'occurrence		
	Bama	Boura	Bala		Bama	Boura	Bala
Hydrophilidae	+++	+++	+++	Canaceidae	-	-	+++
Dytiscidae	+++	+++	+++	Chironomidae	+++	+++	+++
Gyrinidae	-	-	+++	Syrphidae	+++	+++	++
Carabidae	+++	+++	+++	Psychodidae	++	-	-
Noteridae	+++	+++	+++	Gomphidae	+++	+++	+++
Cucurlionidae	+	-	-	Libellulidae	+++	+++	+++
Hydrochidae	++	-	-	Coenagrionidae	+++	+++	+++
Notonectidae	+++	+++	+++	Beatidae	-	-	+++
Naucoridae	+++	++	++	Ephemerellidae	-	-	++
Belostomatidae	+++	+++	+++	Hirudinae	+++	+++	+++
Nepidae	+++	+++	+++	Cladocères	-	-	++
Gerridae	+++	+++	+++	Bulinidae	+++	+++	+++
Pleidae	-	-	+++	Unionidae	+++	+++	+
Herbidae	+++	+++	+++	Lymneidae	+++	+++	+++
Hydrometridae	+++	+++	+++	Planorbidae	+++	+++	+++
Tabanidae	-	-	+++	Valvatidae	+++	+++	+++
Ceratopogonidae	-	-	+++				

- : F = 0% (taxons absents)

+ : F ≠ 0% et inférieure à 25% (taxons rares)

++ : 50% > F ≥ 25% (taxons fréquents)

+++ : 50% ≥ F (taxons très de fréquents)

Tableau 6 : Résultat du t-test sur les moyennes des indices de diversités (valeurs mensuelles, N=6) des retenues de Bama, de Boura et de Bala.

Comparaison des sites	Bama-Boura	Bama-Bala	Boura-Bala
Test t de moyenne	0,23934	-2,1437	-2,1328
p(moyennes identiques)	0,81567*	0,05767	0,05874

p étant la probabilité que les moyennes soient identiques ; NB : * signifie que les deux moyennes sont identiques.

Tableau 7: Synthèse des espèces de macroinvertébrés décrites dans les plans d'eau de Bama, Bala et de Boura.

Ordre	Famille	Genre	Espèce	Bama	Bala	Boura	
Coléoptères	Hydrophilidae	Amphiops	<i>Amphiops sp</i>	P	P	P	
		Helochaeres	<i>Helochaeressp</i>	P	P	P	
		Paracymus	<i>Paracymussp</i>	P	A	P	
		Anacaena	<i>Anacaenasp</i>	P	A	A	
		Crenetis	<i>Crenetis sp</i>	P	P	P	
		indéterminé 1		P	A	P	
		indéterminé 2		A	A	P	
		indéterminé 3		P	P	P	
		indéterminé 4		A	P	P	
		indéterminé 5		P	P	A	
		indéterminé 6		A	A	P	
		indéterminé 7		A	A	P	
		indéterminé 8		A	A	P	
		Dytiscidae	Dytiscus	<i>Dytiscussp</i>	P	P	P
			Cybister	<i>Cybistersp</i>	P	P	P
	Acilus		<i>Acilussp</i>	P	P	P	
	Yola		<i>Yola sp</i>	P	P	P	
	GD_indéterminé 1		<i>EspD_indéterminé 1</i>	P	P	P	
	GD_indéterminé 2		<i>EspD_indéterminé 2</i>	P	P	P	
	GD_indéterminé 3		<i>EspD_indéterminé 3</i>	P	P	P	
	GD_indéterminé 4		<i>EspD_indéterminé 4</i>	P	P	A	
	GD_indéterminé 5		<i>EspD_indéterminé 5</i>	P	P	P	
	GD_indéterminé 6		<i>EspD_indéterminé 6</i>	P	P	P	
	GD_indéterminé 7		<i>EspD_indéterminé 7</i>	P	P	P	
	Gyrinidae		Gyrinus	<i>Gyrinussp</i>	A	P	A
	Carabidae		Harpalus	<i>EspC_indéterminé</i>	P	P	P
	Notoridae		Hydrocanthus	<i>Hydrocanthusferruginicollis</i>	P	P	P
		<i>Hydrocanthusiricolor</i>		P	P	P	
		<i>Hydrocanthusatripennis</i>		P	P	P	
Cucurlionidae	GCC_indéterminé	<i>EspCc_indéterminé</i>	P	A	A		
Hydrochidae	Hydrochus	<i>Hydrochussp</i>	P	A	A		

Hétéroptères	Notonectidae	Martarega	<i>Martarega sp</i>	P	P	P
	Naucoridae	Naucoris	<i>Naucoris sp</i>	P	P	P
	Belostomatidae	Belostoma	<i>Belostoma sp</i>	P	A	P
		Abodus	<i>indéterminée</i>	P	P	P
		Lethocerus	<i>indéterminée</i>	A	P	A
	Nepidae	Nepa	<i>Nepa sp</i>	P	A	A
		Ranatra	<i>Ranatra sp</i>	P	P	P
		Laccotrephes	<i>Laccotrephes sp</i>	P	P	P
	Gerridae	Gerris	<i>Gerris sp</i>	P	P	P
	Pleidae	Plea	<i>Plea sp</i>	A	P	A
	Herbridae	Hebrus	<i>Hebrus sp</i>	P	P	P
	Hydrometridae	Hydrometra	<i>Hydrometra sp</i>	P	P	P
	Ephéméroptères	Baetidae	indéterminé	A	P	A
Ephemerellidae		indéterminé	A	P	A	
Odonates	Gomphidae	indéterminé	P	P	P	
	Libellulidae	indéterminé	P	P	P	
	Coenagrionidae	indéterminé	P	P	P	
Diptères	Tabanidae	<i>Chrysops</i>	<i>Chrysops sp</i>	A	P	A
		indéterminé 1	A	P	A	
		indéterminé 2	A	p	A	
	Ceratopogonidae	Bezza	<i>Bezza sp</i>	A	P	A
	Canaceidae	Canace	<i>Canace sp</i>	A	P	A
	Chironomidae	Chironomus	<i>Chironomus sp1</i>	P	P	P
			<i>Chironomus sp2</i>	P	P	P
	Syrphidae	Eristalis	<i>Eristalis sp</i>	P	P	P
Indéterminé		P	P	P		
Psychodidae	Marciina	<i>Indéterminée</i>	P	A	A	
Crustacés	Cladocères	Indéterminé	A	P	A	
Vers	Hirudinae	Indéterminé	P	P	P	
Mollusques	Bulinidae	indéterminé 1	P	P	P	
		indéterminé 2	P	P	P	
		indéterminé 3	A	P	A	
		indéterminé 4	P	P	P	
	Unionidinae	indéterminé 1	P	P	P	
		indéterminé 2	A	A	P	
	Lymneidae	Indéterminé	P	P	P	
	Planorbidae	indéterminé 1	A	A	p	
		indéterminé 2	P	P	P	
	Valvatidae	indéterminé 1	A	A	p	
indéterminé 2		P	P	P		

présent= P ; absent= A.

DISCUSSION

Les études antérieures sur les macroinvertébrés aquatiques faites par Guenda (1996) au fleuve Mouhoun et Kabré et al. (2000 et 2002) aux lacs de barrages de Bagré et de la Comoé respectivement rapportent que les insectes sont les communautés les plus dominantes. Nos résultats (Tableau 1, 2 et 3) restent en adéquation avec ces études antérieures. En outre, le nombre de familles de macroinvertébrés présents dans les échantillons des plans d'eau hydro-agricoles (25 à de Bama, 23 à Boura) confirme les travaux de Kabré et al. (2002). Ces chercheurs ont en effet obtenues 23 familles de macroinvertébrés benthiques au niveau du barrage de la Comoé du bassin de la Comoé. Comparativement à ces résultats, des études en Côte d'Ivoire, pays voisin du Burkina Faso, mais plus arrosé, révèlent une plus grande richesse taxinomique. En effet Kouamé et al. (2011) ont obtenu 40 familles de macroinvertébrés dans le lac de barrage hydroélectrique de Taabo, en n'échantillonnant seulement au niveau des macrophytes. Yapo et al. (2012) confirmaient cette richesse taxinomique en obtenant 45 familles de macroinvertébrés au niveau des étangs piscicoles dans le même pays.

Les taxons rencontrés durant la saison sèche dans les différents sites, et en particulier dans les retenues hydro-agricoles subissent les stress liés aux intempéries climatiques et aux agressions physico-chimiques dus à l'utilisation des pesticides et la dégradation des berges. Kabré et al. (2002) avaient mis en exergue l'effet négatif de la période d'étiage sur les populations de macroinvertébrés notamment les Diptères des systèmes lacustres. Dans nos échantillons, cet ordre d'insecte est très largement dominé par les Chironomidés, surtout au niveau du sédiment. Les travaux de Kabré et al. (2000) sur le lac

de barrage de Bagré au centre du pays confirment cette dominance des Chironomidés au niveau du benthos des plans d'eau. En outre, la prolifération de Bulinidés au niveau de la vase constatée au niveau de nos trois retenues reste en adéquation avec les observations de Poda et al. (2006). En effet, pour ces auteurs, les aménagements hydrauliques présentent des risques sanitaires avec la prolifération des Bulinidés, hôtes intermédiaires des parasites des bilharzioses. Les individus appartenant à ces deux familles (Chironomidés et Bulinidés) sont ubiquistes. Les Coléoptères, autres insectes ubiquistes dans les trois retenues, se sont illustrés dans les travaux de Oertli et al. (2005 ; 2010a ; 2010b) pour la caractérisation de bonne qualité de l'eau des mares et étangs européens. Ces chercheurs associaient la bonne qualité des eaux aux Coléoptères, les Odonates, les Gastéropodes, les Amphibiens et Plantes aquatiques présents. Dans le même sens, les espèces de Coléoptères sont diversement représentées au niveau de nos trois retenues (Figure 2). Il est une réalité que ces plans d'eau européens sont plus grands et naturellement, ont des conditions climatiques différentes ; cependant, l'utilisation des Coléoptères en bioindication des plans d'eau du bassin de la Volta est réaliste nonobstant des études plus approfondies sur leur niveau de sensibilité aux polluants, particulièrement l'espèce *Hydrocanthus ferruginicollis* de la famille des Notéridés fortement présents au niveau des retenues hydroagricoles (Figure 3). Toledo et Hendrich (2006) avaient néanmoins remarqué la prolifération du genre *Hydrocanthus* au niveau de petites retenues d'eau. Si les conclusions des travaux de Thorne et Williams (1997) ne trouvaient pas de différence significative dans la polluosensibilité des macroinvertébrés en général dans divers plans d'eau dans le monde, ceux de Foto et al. (2011) reclassent

les Atyidées (Crustacés décapodes) comme taxons moins tolérants sous les tropiques contrairement à la côte de tolérance qui leur est octroyée en Europe.

Le dendrogramme de dissemblance (Figure 5) reste d'intérêt pour notre étude orientée vers la bioindication. Son analyse révèle que l'utilisation de la famille comme niveau taxinomique permet de discriminer les plans d'eau par rapport à leur usage ; d'une part les retenues anthropisées et d'autre part le lac naturel. Ce niveau taxinomique est classiquement utilisé dans les calculs d'indice de qualité biologique des cours d'eau au niveau européen (AFNOR, 2009). Les impacts humains ont en général un effet sur le nombre de famille d'un écosystème aquatique. En effet, Foto et al. (2011) ont obtenu 28 familles tout comme Diomandé et al. (2009) lors d'études menées respectivement dans deux cours anthropisés du Cameroun et de la Côte d'Ivoire, tandis que Foto et al. (2010) obtenaient 59 familles au niveau d'un cours d'eau de référence non impacté au Cameroun.

Les densités moyennes de macroinvertébrés benthiques (57,33 à 517 individus au m²) sont statistiquement identiques pour les trois sites (Tableau 4). Kabré et al. (2000) avaient obtenus dans le lac de barrage de Bagré des résultats comparables aux nôtres (129,2 à 483,3 individus au m²). Guenda (1996) constate de plus grande valeurs au niveau des cours d'eau du Mouhoun avec des valeurs qui variaient de 808 à 13057 individus au m². Cette donnée écologique qui semble être identique au niveau des retenues d'eau ne tient pas compte de la variabilité des taxons mais du nombre d'individus au niveau d'une surface donnée. Un seul taxon peut ainsi l'influencer, d'où sa non utilisation dans les études de bioindication basé exclusivement sur la polluo-sensibilité différentielle de plusieurs taxons. Les courbes de variation de l'indice de

diversité des trois stations (Figure 6) indique une légère différence entre les stations anthropisées et la station de référence malgré que cette différence ne soit statistiquement pas significative. Fisher et al. (1982) avaient émis en effet le principe selon lequel l'indice de diversité est d'autant plus élevé que les conditions du milieu favorisent l'installation de nombreuses espèces. Le niveau taxinomique atteint dans notre étude n'a pas permis de constater cette différence significative au niveau du lac naturel de Bala.

Pour cette première étude d'inventaire de macroinvertébrés en période d'étiage des plans d'eau du bassin de la Volta, les observations des groupes présents dans les échantillons couplés à leur fréquence d'occurrence (Tableau 5) permettent de dégager des taxons de macroinvertébrés que l'on peut qualifier de polluo-sensibles. En effet, ces taxons sont seulement présents au niveau du lac naturel de Bala avec des fréquences d'occurrence supérieures à 50%, et totalement absents des deux autres sites ; ce sont, les Gyrinidés (Coléoptères), les Pleidés (Hétéroptères), les Baetidés et les Ephéméridés (Ephéméroptères), les Tabanidés et les Cératopogonidés, les Canaceidés (Diptères) et les crustacées de l'ordre des Cladocères. Les familles qui n'ont été rencontrées que dans les retenues anthropisées (Bama et Boura) peuvent être considérés comme des polluo-résistants et pourraient être d'un autre type d'intérêt pour la bioindication de ces hydrosystèmes car leurs fréquences restent inférieures à 50%. Le site protégé de Bala confirme son statut de station de référence avérée par la présence des Ephéméroptères : cet ordre d'Insectes avait été classé par Moisan et Pelletier (2008) comme taxon sensible au niveau des écosystèmes aquatiques.

Conclusion

Les communautés de macroinvertébrés de nos trois retenues restent largement dominées par les insectes avec plus de 85,74% de représentativité. Plus de la moitié de cet embranchement de macroinvertébrés est représenté par l'ordre des Coléoptères avec 78,90% dans la retenue de Bama, 85,14% au niveau du lac de barrage de Boura et 71,13% dans le lac naturel de Bala. D'une manière globale, l'étude a permis d'identifier 26405 individus de macroinvertébrés répartis en 71 espèces et 33 familles au total sur les trois sites de Boura (23 familles), Bama (25 familles) et Bala (30 familles). Il a été démontré que 7 familles à savoir les Gyrinidés (Coléoptères), les Pleidés (Hétéroptères), les Baetidés et les Ephéméridés (Hépheméroptères), les Tabanidés, les Cératopogonidés et les Canaceidés (Diptères) et les crustacées de l'ordre des Cladocères sont polluo-sensibles ; par contre les deux espèces de coléoptères *H. ferruginicollis* (Notéridés) et *Crenitis sp.* (Hydrophilidés) sont des polluo-résistants. Il est conclu de cette étude que les polluo-sensibles et les polluo-résistants décrits respectivement à Bala et à Bama et Boura peuvent être considérés comme de potentiels bioindicateurs des plans d'eau du bassin de la Volta. Ces bioindicateurs, sans nul doute, permettront des investigations futures de calculs d'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN) pour les petits plans d'eau stagnante en zone sahélo-soudanienne ; IBGN est un outil diagnostique basé sur l'étude des macroinvertébrés, très pratiqué en France, notamment dans l'évaluation de la qualité des eaux courantes.

REMERCIEMENTS

Cette recherche a été effectuée dans le cadre du CPWF (Challenge Program on Water and Food) du CGIAR (Consultative Group on

International Agriculture Research) qui est consolidé par le Département du ROYAUME-UNI pour Développement International (DFID), la Commission européenne (CE), le Fonds International pour Développement Agricole (IFAD), et l'Agence suisse pour Développement et Coopération (SDC).

Souleymane Sanogo a bénéficié d'une bourse de doctorat du CIRAD (Centre de Coopération International en Recherche Agronomique pour le Développement) financée par le CPWF.

REFERENCES

- AFNOR. 2009. *Qualité Ecologique des Milieux Aquatiques. Qualité de l'Eau. Prélèvement des Macroinvertébrés Aquatiques en Rivières Peu Profondes*. Association Française de Normalisation, Norme expérimentale T 90-333 : Paris.
- Aka M, Pagano M, Saint-Jean L, Arfi R, Bouvy M, Cecchi P, Corbin D, Thomas S. 2000. Zooplankton variability in 49 shallow tropical reservoirs of Ivory Coast (West Africa). *International Review of Hydrobiology*, **85**(4): 491-504.
- Arfi R, Bouvy M, Cecchi P, Pagano M, Thomas S. 2001. Factors limiting phytoplankton productivity in 49 shallow reservoirs of North Côte d'Ivoire (West Africa). *Aquatic Ecosystem Health and Management*, **4**(2): 123-138.
- Béarez P. 2003. La mare aux hippopotames (Burkina Faso): Aspects hydrobiologiques et halieutiques. *ACP-EU Fisheries Research Report*, **114**: 98-107.
- Brown DS. 1980. *Freshwater Snails of Africa and their Medical Importance*. Taylor and Francis LTD: London.
- Burney JA, Naylor RL. 2012. Smallholder Irrigation as a Poverty Alleviation Tool in Sub-Saharan Africa. *World Development* **40**(1): 110-123.

- Cecchi P. 2007. *L'Eau en Partage. Les Petits Barrages de Côte d'Ivoire*. Collection Latitudes 23, Editions de l'IRD : Paris.
- Cecchi P, Nikiema A, Moiroux N, Sanou B. 2009. Towards an atlas of lakes and reservoirs in Burkina Faso. In *Small Reservoirs Toolkit*, Andreini M, Schuetz T (eds). IWMI : Colombo; 23.
- Dabiré KR, Diabaté A, Djogbenou L, Ouari A, N'Guessan R, Ouédraogo JB, Hougard JM, CHandre F, Baldet T. 2008. Dynamics of multiple insecticide resistance in the malaria vector *Anopheles gambiae* in a rice growing area in South-Western Burkina Faso. *Malaria Journal*, **7**: 188 ; doi :10.1186/1475-2875-7-188.
- Dajoz R. 1985. *Précis d'Ecologie*. Edition. Dunod: Paris.
- Déjoux C. 1977. Chironomides du lac de Bam (Haute Volta). *Cah. O.R.S.T.O.M., sér. Hydrobiol.*, **11**(4): 291-295.
- Dibloni OT, Vermeulen C, Guenda W, Alfred MN. 2010. Structure démographique et mouvements saisonniers des populations d'hippopotame commun, *Hippopotamus amphibius* Linné 1758 dans la zone sud soudanienne du Burkina Faso. *Tropical Conservation Science*, **3**(12): 175-189.
- Diomande D, Bony YK, Edia EO, Konan KF, Gourene G. 2009. Diversité des macroinvertébrés de la Rivière Agnéby (Côte d'Ivoire ; Afrique de l'Ouest). *European Journal of Scientific Research*, **35**(3): 368-377.
- Fisher SG, Gray LJ, Grimm NB, Bush DE, 1982. Temporal succession in a desert stream ecosystem following fresh flooding. *Ecol. Monogr.*, **52**: 93-110.
- Foto MS, Zebaze TSH, Nyamsi TN, Njiné T. 2010. Macroinvertébrés Benthiques du cours d'eau Nga: Essai de Caractérisation d'un Référentiel par des Analyses Biologiques. *European Journal of Scientific Research*, **43**(1): 96-106
- Foto MS, Zebaze TSH, Nyamsi TNL, Ajeegah GA, 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**(2): 291-300.
- GIRE. 2001. *Etat des Lieux des Ressources en Eau du Burkina Faso et de leur Cadre de Gestion. Version finale, Mai 2001*. Direction Générale des Ressources en Eau : Ouagadougou.
- Guenda W. 1996. Etude faunistique, écologique et de la distribution des insectes d'un réseau hydrographique de l'Ouest africain : Mouhoun (Burkina Faso) ; Rapport avec *Simulium dammasum Theobald*, vecteur de l'onchocercose. Thèse Doctorat d'Etat és sciences, Université de Droit, d'Economie et des Sciences D'Aix-Marseille III, France, p.260.
- Hammer Ø, Harper DAT, Ryan PD. 2001. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, **4**(1): 9.
- Kabré TA, 1994. Impact de la saison sur le facteur de condition et la croissance des juvéniles de Tilapia au barrage de Loumbila. *Science et Technique*, **21**(2) : 20-36.
- Kabré TA, Illé A, Guenda W. 2000. Inventaire et étude de la densité de distribution des insectes du benthos des deux lacs de barrage de Bagré. *Science et Technique, série Sciences Naturelles et Agronomie*, **24**(2): 121-132.
- Kabré TA, Diguingué D, Bouda S. 2002. Effet du rétrécissement de la superficie d'eau sur

- les macroinvertébrés du lac de barrage de la Comoé, Sud-ouest du Burkina Faso. *Science et Technique, série Sciences Naturelles et Agronomie*, **26**(1): 37-49.
- Kouamé MK, Dietoa MY, Edia EO, Da Costa SK, Ouattara A, Gourène G. 2011. Macroinvertebrates 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.
- Leboulanger C, Bouvy M, Carré C, Cecchi P, Amalric L, Bouchez A, Pagano M, Sarazin G. 2011. Comparison of the effects of two herbicides and an insecticide on tropical freshwater plankton in microcosms. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, **61**(4): 599-613.
- Leigh C, Burford MA, Roberts DT, Udy JW. 2010. Predicting the vulnerability of reservoirs to poor water quality and cyanobacterial blooms. *Water Research*, **44**: 4487-4496.
- Lévêque C, Durand JR. 1981. *Flore et Faune Aquatiques de l'Afrique Sahélo-Soudanienne, Tome II*. Editions de l'ORSTOM: Paris.
- Merritt RW, Cummins KW. 1984. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*, (2^e edn). Kendall/Hunt Publishing Company: Dubuque.
- Moisan J, Pelletier L. 2008. *Guide de Surveillance Biologique Basée sur les Macroinvertébrés Benthiques d'Eau Douce du Québec – Cours d'Eau Peu Profonds à Substrat Grossier*. Direction du Suivi de l'Etat de l'Environnement, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs: Québec.
- 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'Etat de l'Environnement, Ministère du Développement Durable, de l'Environnement et des Parcs : Québec.
- Oertli B, Joye DA, Castella E, Juge R, Lehmann A, Lachavanne JB. 2005. PLOCH: a standardized method for sampling and assessing the biodiversity in ponds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, **15**: 665-679.
- Oertli B, Rosset V, Angélibert V, Indermuehle N. 2010a. The pond biodiversity index 'IBEM': a new tool for the rapid assessment of biodiversity in ponds from Switzerland. Part 1. Index development. *Limnetica*, **29**(1): 93-104.
- Oertli B, Rosset V, Angélibert V, Indermuehle N. 2010b. The pond biodiversity index 'IBEM': a new tool for the rapid assessment of biodiversity in ponds Switzerland. Part 2. Method description and examples of application. *Limnetica*, **29**(1): 1-16.
- Poda JN, Mwanga J, Dianou D, Garba A, Ouédraogo F, Zongo D, Sondo KB. 2006. Les parasitoses qui minent les nouveaux pôles de développement au Burkina Faso : cas des schistosomoses et des géohelminthes dans le complexe hydroagricole du Sourou. *VertigO*. **27**(2): <http://vertigo.revues.org/2378>.
- Sass LL, Bozek MA, Hauxwell JA, Wagner K, Knight S. 2010. Response of aquatic macrophytes to human land use perturbations in the watersheds of Wisconsin lakes, U.S.A. *Aquatic Botany*, **93**: 1-8.
- Shannon CE, Weaver V. 1949. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois Press: Urbana.

- Tachet H, Richoux P, Bournaud M, Usseglio-Polatera P. 2000. *Invertébrés d'eau douce. Systématique, Biologie, Ecologie*. CNRS Editions: Paris.
- Thomas S, Cecchi P, Corbin D, Lemoalle J. 2000. The different primary producers in a small African tropical reservoir during a drought: temporal changes and interactions. *Freshwater Biology*, **45**: 43-56.
- Thorne RStJ, Williams WP. 1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries : a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology*, **37**: 671-686.
- Toledo M, Hendrich L. 2006. Taxonomic revision of the Australasian *Hydrocanthus* SAY 1833, with description of two new species (Coleoptera : Noteridae). *Linzer Boil. Berti.*, **38**(1): 935-952.
- Wellens J, Traoré F, Niamian MJ, Karambiri H, Diallo M, Compaoré NF, Dakouré D. 2009. Renforcement Structurel de la Capacité de Gestion des Ressources en Eau pour l'Agriculture dans le Bassin du Kou. Rapport technique 2. 2007-2008. APEFE-DRI/CGRI: Bobo-Dioulasso.
- Yapo ML, Aste BC, Kouassi P. 2012. Inventaire des insectes aquatiques des étangs de piscicoles au sud de la Côte d'Ivoire. *Journal of Applied Biosciences*, **58**: 4208-4222.