

Diversité familiale des macroinvertébrés et qualité des cours d'eau du Parc National de Moukalaba Doudou (sud-ouest du Gabon)

Mireille Koumba ⁽¹⁾, Hans Kevin Mipounga ⁽¹⁾, Aubin Armel Koumba ⁽²⁾, Christophe Roland Zinga Koumba ^{(2)*}, Blaise Rollinat Mboye ⁽¹⁾, Jean Félicien Liwouwou ^(1,3), Jean Daniel Mbega ⁽¹⁾ & Jacques François Mavoungou ^(2,4)

⁽¹⁾ Institut de Recherche Agronomique et Forestière (IRAF), BP : 2246, Libreville, Gabon.

⁽²⁾ Institut de Recherche en Ecologie Tropicale (IRET), BP : 13354, Libreville, Gabon.

⁽³⁾ Ecole Nationale des Eaux et Forêts (ENEF), BP : 3960, Libreville, Gabon.

⁽⁴⁾ Université des Sciences et Techniques de MASUKU (USTM), BP : 941, Franceville, Gabon.

*E-mail: zinga.koumba@yahoo.fr

Reçu le 28 décembre 2016, accepté le 6 avril 2017.

La présente étude avait pour but de déterminer la diversité des macroinvertébrés afin de connaître l'état de santé des rivières du Parc National de Moukalaba Doudou (PNMD) situé au sud-ouest du Gabon. L'échantillonnage de ces macroinvertébrés a été fait dans quatre stations différentes de ce parc. Au total, 1008 individus de macroinvertébrés, repartis en 5 classes, 12 ordres et 54 familles ont été identifiés. La classe des insectes a été la mieux représentée avec plusieurs ordres dont les Ephéméroptères, les Trichoptères, les Coléoptères, les Diptères et les Plécoptères. L'analyse des indices de diversité a révélé que 50 % des rivières échantillonnées sont peu diversifiées bien que les facteurs physico-chimiques de ces eaux soient favorables au développement des macroinvertébrés. Ces rivières, ne présentant pas de taxon dominant, semblent cependant ne pas être perturbées. Les résultats de l'indice EPT/C ont montré une prédominance des groupes des Ephéméroptères, des Plécoptères, des Trichoptères (EPT) qui sont des organismes polluo-sensibles. Ces résultats suggèrent que les rivières du nord-est et du sud-est du PNMD sont de bonne qualité biologique mais devraient faire l'objet d'une bio-surveillance.

Mots-clés: Diversité, macroinvertébrés, qualité de l'eau, Parc National de Moukalaba Doudou.

The purpose of this study was to determine the diversity of Macroinvertebrates and to determine the health status of rivers in the Moukalaba Doudou National Park, in South-Western of Gabon. Sampling of these Macroinvertebrates was done at four different stations in this park. In total, 1008 individuals of Macroinvertebrates, divided into 5 classes, 12 orders and 54 families were identified. The class of insects was best represented with several orders including the Ephemeroptera, the Trichoptera, the Coleoptera, the Diptera and the Plecoptera. Moreover, the analysis of the diversity indices revealed that 50 % of the rivers sampled are not very diversified although the physicochemical factors of these waters are favorable to the development of Macroinvertebrates. Moreover, these rivers, which do not have a dominant taxon, seem not to be disturbed. The results of the EPT/C index showed a predominance of the groups of Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera (EPT) which are polluo-sensitive organisms. These results show that the North-Eastern and South-Eastern rivers of the Moukalaba Doudou National Park are of good biological quality but should be subject to bio-surveillance.

Keywords: Diversity, macroinvertebrates, water quality, Moukalaba Doudou National Park.

1 INTRODUCTION

La préservation de la qualité de l'eau est un enjeu majeur pour la gestion durable de l'environnement mais également pour celle de la biodiversité. En effet, les écosystèmes aquatiques revêtent une grande importance car ces milieux constituent une ressource vulnérable en raison des pressions anthropiques fortes et croissantes qui s'y exercent (AGROPOLIS, 2007; Sanogo & Kabre., 2014 ; Sanogo *et al.*, 2014). Par conséquent, leur suivi doit se faire à travers l'évaluation d'indicateurs fiables et adéquats comme les indicateurs biologiques (Diomande *et al.*, 2009; Ben *et al.*, 2014). En raison de leur sédentarité, de leur grande diversité et de leur tolérance variable à la pollution et à la dégradation de ces milieux humides, les bioindicateurs constituent des bons outils d'évaluation de la qualité des eaux et des systèmes aquatiques (Moisan & Pelletier, 2011). Parmi les bioindicateurs, les macroinvertébrés constituent les organismes les plus couramment utilisés pour la biosurveillance et l'évaluation de l'état de santé global des systèmes aquatiques (Diomande *et al.*, 2009; Adandedjan, 2012; Ben *et al.*, 2014; Camara *et al.*, 2014 ; Sanogo *et al.*, 2014). Plusieurs études portant sur les macroinvertébrés ont montré leur importance dans la chaîne alimentaire et dans les milieux aquatiques (Goaziou, 2004; ECOSPHERE, 2012, 2013). Ces organismes sont, par définition, des invertébrés, visibles à l'œil nu, qui vivent dans le fond d'un cours d'eau ou qui ne s'en éloignent que de peu durant la majeure partie de leur vie (Moisan & Pelletier, 2011). Cette catégorie d'organismes regroupe les larves d'insectes aquatiques, quelques insectes aquatiques adultes, les crustacés, les mollusques et les « vers » (Moisan & Pelletier, 2011). Les principaux ordres d'insectes aquatiques inclus dans les macroinvertébrés sont les Éphémères, les Plécoptères, les Trichoptères, les Diptères, les Coléoptères, les Mégaloptères, les Hémiptères, les Odonates et les Lépidoptères (Gagnon & Pedneau, 2006). Le principal avantage d'utiliser ces macroinvertébrés réside dans le fait qu'ils sont sensibles aux variables physico-chimiques et aux perturbations du milieu (Adandedjan, 2012).

Le Gabon, pays d'Afrique tropicale, a mis en place un réseau de 13 Parcs Nationaux afin de favoriser l'aménagement durable des ressources forestières, l'industrialisation de la filière du bois, la conservation et la protection des écosystèmes

(Doumenge *et al.*, 2015). Cependant, les activités d'écotourisme, d'exploitation minière, forestière et pétrolière menées en périphérie et parfois même à l'intérieur de ces aires protégées, constituent un risque pour les milieux aquatiques et pour les macroinvertébrés (Vande, 2012a, 2012b). Finalement, l'une des conséquences de ces perturbations pourrait être une diminution de la biodiversité au sein de ces biotopes.

Actuellement, il existe très peu d'informations sur la macrofaune benthique des aires protégées du Gabon et, en particulier, du Parc National de Moukalaba Doudou et de sa périphérie. Dans l'optique de contribuer à la connaissance de la faune des macroinvertébrés, un inventaire de ces organismes a été réalisé dans ledit Parc. Cette étude avait pour but de connaître la diversité des macroinvertébrés et d'estimer la qualité des eaux de cette aire protégée.

2 MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Zone d'étude

Cette étude a été réalisée dans le Parc National de Moukalaba Doudou (PNMD) situé au sud-ouest du Gabon (**Figure 1**) entre les latitudes 1,89487° Sud et 3,21025° Sud et les longitudes 10,21933° Est et 10,5974° Est à cheval entre les provinces de la Nyanga et de la Ngounié (Vande, 2012a). Il est caractérisé par un relief de plaines et de collines aux flancs plus ou moins raides de 20 m d'altitude (Delhumeau, 1969a). Son sol est de type schisto-calcaire. Les formes du relief sont indubitablement le résultat d'une évolution karstique.

La végétation du PNMD est composée de forêts humides et de savanes parmi les plus sèches du pays (Vande, 2012a). Ce parc est bordé par trois principaux bassins hydrographiques que sont le Nyanga au sud, le Rembo Bongo à l'ouest et le Dougoudou à l'est. Le Nyanga draine les eaux de la moitié sud-est du parc par les rivières Migandou, Yara, Dugungu, Bidugu et Mbani (Vande, 2012b). Le nord et le versant ouest des Monts Doudou sont drainés par la rivière Bongo qui se jette dans la lagune Ndongo.

Pour mener à bien ce travail, deux zones du parc ont été choisies, à savoir la partie sud-est et la partie nord-est. La partie sud-est est représentée par quatre stations d'échantillonnage dont le Pont de la Mort, Mbani, Malanga I et Malanga (la rive droite de Dougougou située dans la province de la Nyanga).

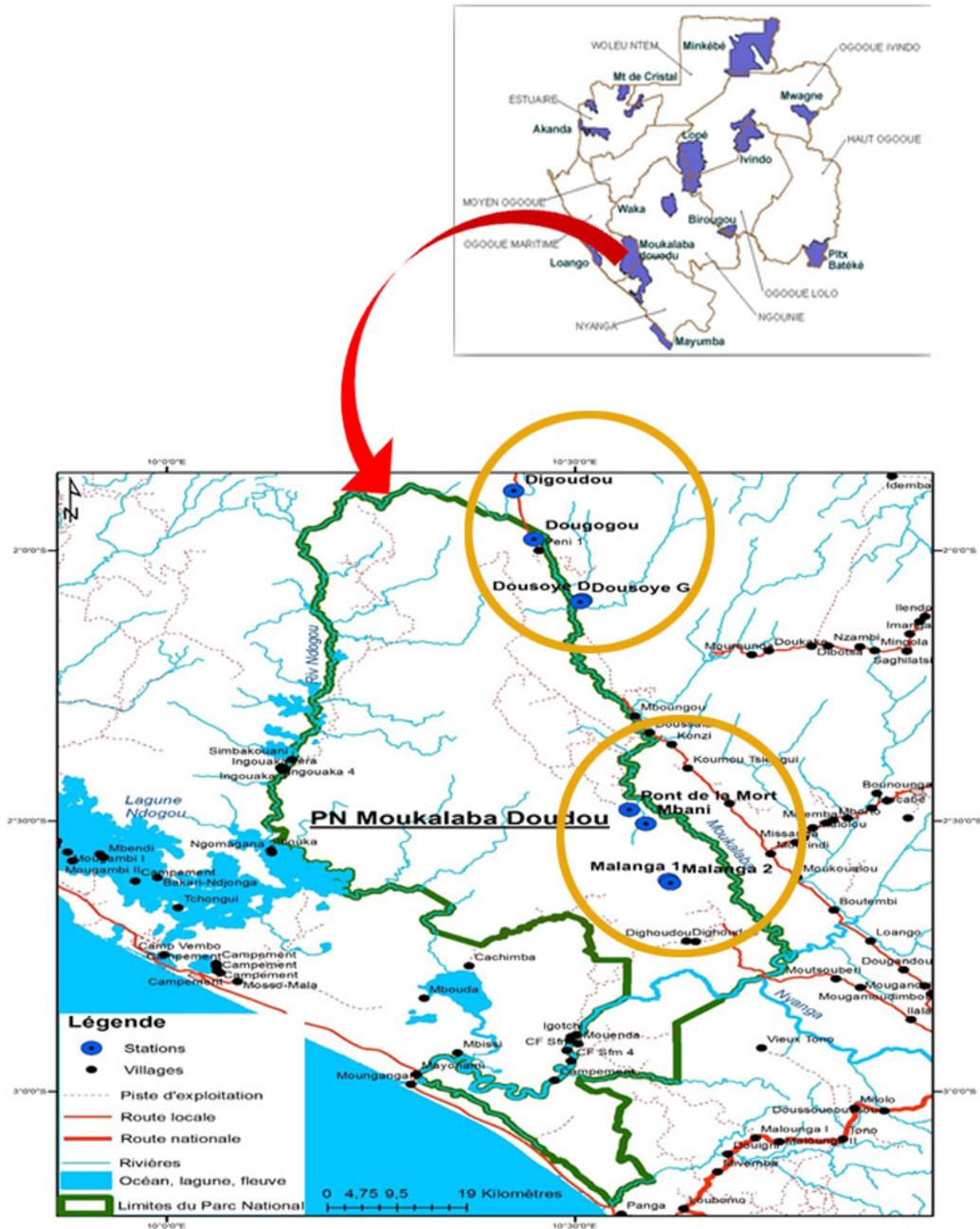


Figure 1 : Localisation géographique des huit stations d'échantillonnage des macroinvertébrés (Koumba, 2016).

Quant à la partie nord-est, elle est constituée également par quatre stations de piégeage, à savoir Dougogou, Doussoye D, Doussoye G et Digodou qui sont des rivières à substrat sableux et granulat.

Le choix de ces stations a été fait en fonction des critères tels que l'accessibilité, la diversité des microhabitats (pierres, galet, granulat, branches et

racines, etc.), la profondeur de l'eau (inférieur à 90 cm), l'aspect géomorphologique c'est-à-dire la présence de seuil et mouille.

2.2 Echantillonnage des macroinvertébrés

La collecte des macroinvertébrés a été réalisée sur la base du protocole standardisé préconisée par la méthode française normalisée (AFNOR, 1992).

L'échantillonnage a été réalisé en prenant en compte trois composantes de l'habitat aquatique que sont le substrat, la vitesse de courant et la profondeur de la station. Dans chaque microhabitat, les macroinvertébrés ont été prélevés à l'aide d'un filet Surber de 30 cm x 30 cm et de maille 500 µm.

La technique d'échantillonnage a consisté à enfoncer le filet Surber de 2 ou 3 cm dans le substrat en plaçant l'ouverture du filet dans le sens contraire de l'écoulement des eaux (de l'aval vers l'amont) et à remuer, à racler méticuleusement avec la main, le substrat du fond en le poussant vers l'intérieur du cadre du Surber. L'ensemble des éléments organiques (animaux et végétaux) et minéraux de petite taille est emporté dans le fond du filet. Ensuite, le filet Surber est retiré de l'eau et son contenu est vidé dans une série de tamis de trois mailles différentes.

Un total de cinq prélèvements de microhabitats ont été faits dans chaque station selon l'ordre suivant : 3 prélèvements dans la partie « mouille » et 2 prélèvements dans la partie « seuil » soit une surface totale de 0,45 m².

L'échantillonnage de ces macroinvertébrés aquatiques a été réalisé pendant 10 jours, du 1^{er} au 10 août 2014.

2.3 Pré-tri et conservation des échantillons

Le pré-tri est une opération importante qui limite les risques de détérioration des spécimens. Il permet également de séparer l'échantillon en trois fractions distinctes à savoir les éléments grossiers, les éléments de taille moyenne et les éléments les plus fins (Ben *et al.*, 2014). Les éléments grossiers (morceaux de bois, feuilles, vases, pierres) sont captés par le premier tamis, alors que les éléments de taille moyenne et les plus fins sont retenus respectivement par le deuxième et le troisième tamis.

Les organismes capturés sont déposés dans une bassine blanche contenant trois tamis de mailles respectives de 5 mm, 1 mm et 250 µm. Ces trois tamis ont été superposés par ordre décroissant suivant la taille des mailles. Les contenus de ces tamis sont vidés progressivement, en petite quantité, dans des plateaux plastiques à fond clair. Les organismes de taille supérieure à 250 µm (1 mm à 3 cm) sont récoltés *in situ*, à l'aide d'une pince entomologique. Les individus issus de chaque microhabitat sont conditionnés dans une solution de formol diluée à 10 % dans des sachets

étiquetés sur lesquels sont inscrits la date, le numéro de la station, l'heure de prélèvement. Les échantillons obtenus ont été ramenés au laboratoire pour leur identification.

2.4 Identification des macroinvertébrés

Au laboratoire, les échantillons de chaque station ont été rincés abondamment avec de l'eau du robinet sur une série de tamis à mailles différentes. Après ce rinçage les macroinvertébrés ainsi récoltés ont été conservés dans des piluliers contenant une solution d'alcool à 70 % pour éviter toute altération.

L'identification des organismes benthiques a été réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire et d'un microscope et parfois à l'œil nu. Cette diagnose a été faite via les clés de détermination publiées par Elouard (1981), Vergon & Bourgeois (1993), Reynoldson (2000), Tachet *et al.* (1980, 2000), Heidemann & Seidenbusch (2002), Merritt *et al.* (2008) et Bilardo & Rocchi (2008, 2010, 2012, 2013).

2.5 Mesure des paramètres physico-chimiques des milieux prospectés

Pour appréhender l'influence des facteurs environnementaux sur la distribution des familles des macroinvertébrés, des paramètres physico-chimiques ont été mesurés. Les principaux paramètres physiques relevés ont été le pH, la température, la conductivité, l'oxygène dissous. Quant aux paramètres chimiques, ils ont concerné essentiellement les sels nutritifs notamment les phosphates (PO₄³⁻), les nitrites (NO₂⁻), les nitrates (NO₃⁻) et l'ammonium (NH₄⁺). Ces paramètres physico-chimiques ont été mesurés, dans chacune des stations (*in situ*) entre 8 et 9 heures du matin, à l'aide d'un multiparamètre (YSI Professionnel *Plus*). Par ailleurs, dans chacune des stations, un échantillon de 1 litre d'eau a été prélevé pour mesurer la concentration des ions dont les phosphates (PO₄³⁻), les nitrites (NO₂⁻), les nitrates (NO₃⁻) et l'ammonium (NH₄⁺). La mesure de ces concentrations a été réalisée à l'aide d'un spectrophotomètre (Marque : Hanna Instruments année 2009).

2.6 Analyse des données

L'abondance et la richesse spécifique des différents taxa de macroinvertébrés ont été calculées. La diversité spécifique de ces organismes dans les milieux explorés a été déterminée par l'indice de Shannon (Shannon, 1948) qui permet de quantifier

l'hétérogénéité de la biodiversité d'un milieu. Cet indice a été calculé à l'aide de la formule suivante :

$H' = -\sum ((Ni/N) \times \ln (Ni/N))$; avec Ni : nombre d'individus d'une espèce donnée et N : nombre total d'individus.

L'indice de Simpson (Simpson, 1949) qui permet de calculer la probabilité que deux individus sélectionnés aléatoirement dans un milieu donné soient de la même espèce, a été calculé selon la formule suivante :

$D = \sum Ni (Ni-1) / N(N-1)$; avec D : indice de Simpson, Ni : nombre d'individus de l'espèce donnée et N : nombre total d'individus.

De plus, l'Equitabilité de Piérou qui traduit le degré de diversité atteint, a été calculé pour identifier l'équilibre des peuplements selon la formule suivante :

$E = H'/H_{max} = H'/\log_2 S$; avec S : nombres d'espèces observées.

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 test de Khi-deux (χ^2) a été réalisé pour comprendre s'il existe une différence significative (au seuil de 0,05) dans la distribution des macroinvertébrés suivant les stations prospectées.

3 RESULTATS

3.1 Paramètres physico-chimiques des eaux du PNMD

Les eaux des stations étudiées ont des caractéristiques physico-chimiques particulières. En effet, elles sont basiques (pH > 7), chaudes (T > 21°C), bien oxygénées (O₂ dissous > 4 mg/l) et à faibles conductivités ($\leq 250 \mu\text{S/cm}$). Ces eaux ont dans l'ensemble, des pH compris entre 7,13 et 7,66 et des températures variant entre 21°C et 22°C. Elles ont une conductivité oscillant entre 142,15 $\mu\text{S/cm}$ et 217,5 $\mu\text{S/cm}$ et un oxygène dissous variant entre 4,83 mg/l et 8,02 mg/l (**Tableau 1**).

En ce qui concerne les matières azotées, les cours d'eau du sud-est du PNMD ont des concentrations

en ammonium variant entre 0,03 mg/l et 0,17 mg/l ; celles en nitrate restent comprises entre 0,03 mg/l et 0,07 mg/l, les nitrites y sont à l'état de traces. Les concentrations en phosphates sont inférieures à 0,55 mg/l, la plus élevée a été obtenue à Mbani (0,20 mg/l) et le minimum au Pont de la Mort (0 mg/l).

Dans la zone nord-est du PNMD, les concentrations en ion ammonium oscillent entre 0,10 mg/l (Digodou) et 0,22 mg/l (Dousoyille G). Les concentrations en nitrites y sont à l'état de traces et celles en phosphates y sont comprises entre 0,30 mg/l (Digodou) et 0,90 mg/l (Digodou) (**Tableau 2**).

3.2 Composition des communautés de macroinvertébrés dans le PNMD

Les insectes représentent le groupe taxonomique le plus abondant avec 943 spécimens capturés soit un pourcentage de 93,6 % suivi des crustacés (46 individus, soit 4,3 %). Les autres classes, notamment les mollusques (1,7 %), les collemboles (0,1 %) et les oligochètes (1 %) sont très faiblement représentées (**Tableau 3**).

Parmi les insectes, les éphéméroptères sont l'ordre le plus abondant avec 628 spécimens soit un pourcentage de 66,6 %. Cet ordre est suivi par les trichoptères (8,8 %), les diptères (7,5 %), les coléoptères (6,4 %), les plécoptères (5,5 %) et les odonates (4,5 %). Les autres ordres à savoir les hétéroptères (0,6 %) et les lépidoptères (0,1 %) sont très faiblement représentés.

Les autres taxa hormis les insectes, à savoir les crustacés, les mollusques, les collemboles et les oligochètes ont présenté aussi des effectifs variables. En effet, 46 spécimens de Crustacés Décapodes, 17 de Tricladés (Plathelminthes) et 1 pour les collemboles entomobryomorphes et les oligochètes haplotaxidés ont été capturés.

3.3 Abondance et diversité des macroinvertébrés dans les stations du nord-est du PNMD

Dans la zone nord-est du PNMD, un total de 388 spécimens, soit 38 % de l'effectif global, est capturé dont 111 (29 %) à Dousoyie, 103 (27 %) à Dougogou, 89 à Dousoyie D (23 %) et 85 à Digodou (22 %).

Dousoyie D est la station la plus diversifiée avec 29 taxa, suivie de Dousoyie G (20 taxa). Les autres stations à savoir Digodou (14 taxa) et Dougogou (7 taxa) sont faiblement diversifiées.

Tableau 1 : Paramètres physiques des huit stations (nord et sud) du PNMD.

	Stations	pH	Température (°C)	Conductivité (μ S/cm)	Oxygène dissous (mg/l)
Sud-Est	Pont de la Mort	8,05	22,70	158,40	7,62
	Mbani	7,57	21,60	142,15	8,02
	Malanga 1	7,43	22,60	217,50	4,84
	Malanga 2	7,55	22	192,90	5,85
	Moyenne	7,65	22,22	177,73	6,58
Nord-Est	Dougogou	7,60	22,05	52,80	7,84
	Dousoye D	7,66	21,7°	56,15	7,97
	Dousoye G	7,13	22,25	19,40	7,46
	Digodou	7,60	22,30	24,75	7,51
	Moyenne	7,50	22,07	38,27	7,69

Tableau 2 : Paramètres chimiques des huit stations de prélèvement du PNMD.

	Stations	Ammonium (mg/l)	Nitrates (mg/l)	Nitrites (mg/l)	Phosphates (mg/l)
Sud-Est	Pont de la Mort	0,17	0,07	0	0
	Mbani	0,04	0,07	0	0,20
	Malanga 1	0,07	0,04	0	0,60
	Malanga 2	0,03	0,03	0	0,55
Nord-Est	Dougogou	0,12	0,045	0	0,80
	Dousoye D	0,14	0,03	0	0,35
	Dousoye G	0,22	0,04	0	0,90
	Digodou	0,10	0,04	0	0,30

L'indice de diversité de Shannon est inférieur à 3 dans deux des quatre stations de cette zone (Digodou et Dougogou) traduisant ainsi une moindre diversité biologique dans ces milieux. Seules les stations de Dousoye G et Dousoye D ont présenté des indices de Shannon supérieur à 3.

La station la plus diversifiée est Dousoye G avec un indice de Shannon de 3,52 bits/ind et la moins diversifiée est Dougogou (1,34 bits/ind). Parallèlement, l'indice de Simpson est compris

entre 0,12 et 0,53 ; l'équitabilité étant en moyenne de 0,75 pour les quatre stations, ce qui dénote une absence de taxon dominant dans cette zone. Les taxa identifiés sont représentés majoritairement par les Leptophlebiidae (25 %), les Ephemeridae (13 %), les Tricorythidae (9 %), les Atiyidae (9 %), les Baetidae (7 %), les Perlidae (6 %), les Caenidae (4 %), les Philopotamidae (3 %). Les autres familles sont très faiblement représentées (**Figure 2**).

Tableau 3 : Effectif global des Insectes capturés dans le PNMD.

Classes	Ordres	Familles/sous familles	Effectifs
Insectes	Coléoptères (60)	Curculionidés	2
		Dytiscidés	26
		Elmidés	13
		Girynidés	1
		Hydrophilidés	3
		Hydropsychidés	10
		Psephenidés	1
		Ptilodactydés	2
		Scirtidés	2
	Diptères (71)	Athericidés	6
		Ceratopogonidés	2
		Chironomidés	19
		Diamesinés	3
		Dixidés	1
		Orthoclaudiinés	6
		Simuliidés	8
		Tanyponidinés	6
		Tipulidés	20
	Ephéméroptères (628)	Baetidés	222
		Caénidés	26
		Dicercomyzinés	38
		Ephémerethinés	51
		Heptageniidés	10
		Leptophlebiidés	179
		Polycentropodidés	1
		Polymitarcidés	9
		Tricorythidés	92
	Hétéroptères (6)	Belostomidés	1
		Corixidés	1
		Naucoridés	3
		Veliidés	1
	Lépidoptères (1)	Crambidés	1

Classes	Ordres	Familles/sous familles	Effectifs
Insectes	Odonates (42)	Lestidés	1
		Gomphidés	13
		Libellulidés	5
	Plécoptères (52)	Sympetrinés	4
		Perlides	52
		Trichoptères (83)	Limnephilidés
	Brachycentridés		11
	Ecnomidés		3
	Goeridés		2
	Hydropsychidés		35
	Lepidostomatidés		1
	Leptoceridés		5
	Philopotamidés		21
	Polycentropodidés		2
	Séricostomatidés		2
		943	

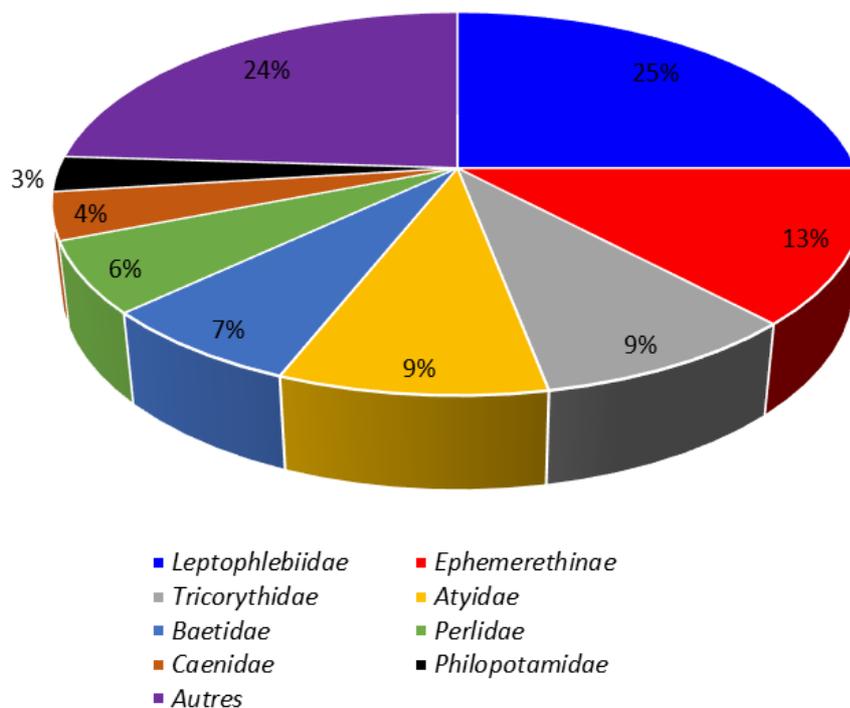


Figure 2 : Abondance et diversité des familles de macroinvertébrés des stations du nord-est du PNMD.

3.4 Abondance et diversité des macroinvertébrés dans les stations du sud-est du PNMD

Dans la partie sud-est du parc, 620 spécimens sont collectés, soit 61,51 % des captures totales. Sur ce total, 344 spécimens sont capturés à Malanga 1, 151 à Mbani, 70 Malanga 2 et 64 au pont de la Mort. Mbani est la station la plus diversifiée avec 30 taxa récoltés suivi de Malanga 1 (24 taxa). Les autres stations sont faiblement diversifiées avec moins de 15 taxa. L'indice de Shannon a permis ainsi de montrer que la station de Mbani 1 ($H' = 4,01$ bits/ind) est la zone la plus diversifiée alors que celle du Pont de la Mort ($H' = 2,64$ bits/ind) en est la moins diversifiée. Dans l'ensemble, les indices de Simpson obtenus dans les quatre stations prospectées dans la partie sud est du Parc

pourraient traduire une absence de taxon dominant dans cette zone. La valeur la plus élevée de l'indice d'équitabilité est observée à Mbani (0,82) et la plus faible est enregistrée à Malanga 1 (0,6). L'équitabilité dans l'ensemble des stations du sud-est est proche de 1, indiquant ainsi que les peuplements des macroinvertébrés sont équilibrés c'est-à-dire que tous les taxons ont sensiblement la même dominance (**Figure 3**).

Le peuplement de la macrofaune dans cette partie est dominé par 3 familles à savoir les Baetidae (32 %), les Leptophlebiidae (14 %) et les Tricorytidae (9 %). Les autres familles sont très faiblement représentées (moins de 5 %). Influence des variables environnementales sur la distribution des macroinvertébrés.

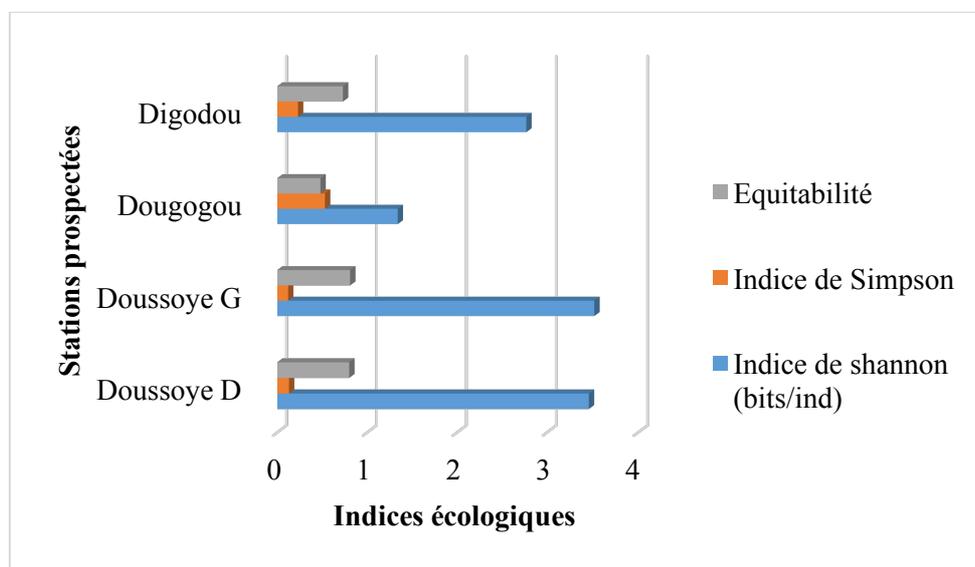


Figure 3 : Indices écologiques des macroinvertébrés des stations nord-est du PNMD.

Tableau 4 : Comparaison de l'indice biotique des zones d'étude du PNMD.

Zone	Groupe EPT				Total EPT	EPT/C
	C	E	P	T		
Zone Sud-Est	23	379	30	57	466	20,26
Zone Nord-Est	13	244	22	17	283	21,77
Parc	34	627	52	45	724	21,29

Ephéméroptères (E), Plécoptères (P), Trichoptères (T) et Chironomidés (C).

Les résultats du ratio EPT/C de la zone sud-est (20,26) comme dans la zone nord (21,77) sont supérieurs à 10. Ceci pourrait suggérer que les eaux des stations sud-est et nord-est sont de bonne qualité sur le plan écologique (**Tableau 4**). Les tests de khi 2 (p -value = 0,99) montrent qu'il n'existe aucune différence significative en termes de diversité, d'équilibre ou de stabilité des milieux et de la qualité biologique de l'eau entre les stations du sud-est et celles du nord-est du PNMD.

4 DISCUSSION

Les écosystèmes aquatiques du Gabon subissent de très faibles pressions anthropiques. Le nombre d'ordres et le nombre de familles de macroinvertébrés (12 ordres et 54 familles) échantillonnés au cours de cette étude, dans les cours d'eau permettent de confirmer les résultats des travaux conduits par l'entreprise ECOSPHERE (2013). En effet, les auteurs de ces travaux avaient prélevé, dans la périphérie du PNMD, près de 14 ordres et 69 familles. Nos résultats corroborent aussi ceux obtenus par Foto *et al.* (2010) qui ont observé 59 familles lors de la caractérisation d'un site de référence au niveau d'un cours d'eau.

Les résultats obtenus au cours de cette étude montrent l'abondance de certains groupes taxonomiques dont les insectes dans les cours d'eau de ce parc. Ils corroborent plusieurs études qui ont montré la prédominance de la classe des insectes dans les milieux aquatiques (WCMC, 1992 ; Mboye, 2009; Alhou *et al.*, 2009; Mboye, 2012 ; Mboye, 2014). Les autres groupes, à savoir les crustacés, les mollusques, les collemboles et les oligochètes sont très faiblement collectés.

Les éphéméroptères sont l'ordre le plus abondant en termes d'individus. Les autres taxa notamment les trichoptères, les diptères, les coléoptères, les plécoptères et les hétéroptères sont faiblement représentés. La richesse taxonomique totale est de 81 taxa dont 37 sont capturés dans la zone nord-est et 44 au sud-est du PNMD, 27 taxa étant communs aux deux zones. Les équitabilités calculées révèlent le caractère équilibré des rivières étudiées.

La forte abondance de la macrofaune benthique observée pourrait être liée à la période de captures ou à l'environnement forestier des sites. En effet, selon Mary (2011), plusieurs taxa montrent de grandes abondances durant les moments de régimes plus stables c'est-à-dire en saison sèche. D'autre part, les cours d'eaux forestiers sont des milieux propices au développement de la macrofaune benthique (Mary, 1999).

Toutefois, chacune des stations présente une faible diversité liée aux conditions du milieu. En effet, dans la partie nord-est du PNMD, les substrats principaux rencontrés sont des blocs de pierres et du sable. Ces substrats ne permettent pas une libération des nutriments favorables au développement des macroinvertébrés. Cette observation a été faite par Quinn & Hickey (1990) qui ont mis en exergue l'influence des substrats sur la densité et la richesse taxonomique des invertébrés aquatiques. La faible diversité observée pourrait également être imputable à la qualité de l'échantillonnage et à l'impact indirect des effets de l'exploitation forestière réalisée dans les environs (Ahounsou, 2009). De même, les très faibles indices d'équitabilité observés à Dougogou traduiraient un peuplement déséquilibré dans cette station. D'autres stations ont montré un peuplement équilibré ($E > 0,6$) et l'indice de Simpson a démontré qu'il n'y a aucun taxon dominant parmi les peuplements collectés. Ces résultats confirment ceux de l'indice d'Équitabilité qui ont montré que les peuplements des stations sont équilibrés en termes d'espèces. Selon Death (1995) et Massolou (2008, 2010), la stabilité d'habitats et les interactions biotiques pourraient être des facteurs importants dans la structure des communautés de macroinvertébrés. Il se trouve que les communautés de macroinvertébrés sont beaucoup plus importantes dans les sites stables comparativement aux sites instables. Nos résultats sont en conformité avec ces observations. Ainsi, la station de Doussoye G semble être plus diversifiée, plus riche et plus stable que celle de Dougogou.

Les plécoptères, les éphéméroptères et les tubificidés sont considérés comme organismes indicateurs qui tendent à disparaître lorsqu'une rivière devient polluée. Par conséquent, la présence de perlidés de l'ordre des plécoptères, en grand nombre principalement dans les stations de Mbani et de Dougogou pourrait traduire la bonne santé (bonne qualité) de ces eaux (Alhou *et al.*, 2009).

Les résultats de l'indice EPT/C permettent de confirmer que les rivières échantillonnées semblent être de qualité excellente (Cayrou *et al.*, 2000).

Les facteurs physico-chimiques conditionnent la vie dans le milieu aquatique. Parmi ces paramètres, les plus importants sont la température et le taux d'oxygène dissous (Secondat, 1952). En effet, la température de l'eau influe sur la quantité d'oxygène et d'énergie disponible pour la productivité biologique et les processus chimiques dans les lacs nécessaires à la vie aquatique. Les

rivières où ont été échantillonnés les macroinvertébrés sont basiques, à faible conductivité ($\leq 250 \mu\text{S/cm}$) et à faible concentration en matière azotée. Par conséquent, ces eaux sont d'excellente qualité et donc propices au développement des organismes benthiques. Selon le Ministère de l'environnement de Madagascar, les eaux de surface de qualités excellentes ont un pH compris entre 6 et 8,5, un oxygène dissous supérieur ou égal à 5 mg/l, une température inférieure à 25°C et une conductivité inférieure ou égale à 250 $\mu\text{S/cm}$. Ces caractéristiques semblent se retrouver dans les eaux du PNMD et assurent l'équilibre et le bon fonctionnement d'un système aquatique. Les températures moyennes enregistrées au nord-est et au sud-est du PNMD sont conformes aux normes de températures des eaux de surface qui doivent être strictement inférieures à 25°C. Ces résultats corroborent les travaux conduits par Mbega (2005) et Mary & Hytec (2007) qui ont montré que la température moyenne des cours d'eau forestiers est comprise entre 21 et 27°C et que l'oxygène dissous doit être entre 8 et 10 mg/l.

En ce qui concerne les concentrations d'oxygène dissous, les valeurs moyennes obtenues ont montré que les eaux du PNMD sont vraiment oxygénées. Ces valeurs d'oxygène dissous sont conformes à la moyenne nationale et à celles de Tchinga (2013). Cet oxygène dissous provient de l'atmosphère et de la productivité du phytoplancton. L'exposition des rivières au rayonnement solaire accélère la photosynthèse réalisée par les végétaux aquatiques avec une production importante d'oxygène. Cet oxygène est régulièrement consommé par les organismes benthiques dans les réactions de respiration et de décomposition de la matière organique. Ainsi, ces rivières possèdent un système d'autoépuration basé principalement sur la présence d'organismes (bactéries, etc) responsables de la production d'oxygène (O_2). Cette autoépuration restaure rapidement la qualité de l'eau (Mary, 1999).

Les valeurs de pH relevées lors de cette étude, au nord-est et au sud-est du Parc National de Moukalaba Doudou, sont comprises entre 7,1 et 8,05. Ce pH confère à ces eaux un caractère basique. Cette basicité pourrait être liée au socle géologique sur lequel coule ces eaux. En effet, les études menées au niveau du synclinal de la Nyanga ont montré que le socle géologique de cette région est constitué de roches calcaires (Delhumeau, 1969b). Ces roches calcaires en s'altérant sous

l'action de l'eau, libèrent des ions calcium et des ions carbonates. Ces ions calcium réagissent avec des ions hydroxydes pour donner l'hydroxyde de calcium (base forte) responsable du caractère basique de ces eaux.

Par ailleurs, la conductivité électrique renseigne sur le degré de minéralisation d'une eau (Nouayti *et al.*, 2015). Les eaux riches en ions calcium et bicarbonates ont généralement des conductivités électriques élevées (Evrard, 1996). Bien que les eaux des rivières échantillonnées soient riches en ces ions, elles n'ont pas des conductivités élevées. Les eaux de toutes les stations prospectées ne dépassent pas 200 $\mu\text{S/cm}$ (les conductivités au sud-est et au nord-est du PNMD sont respectivement de 177,73 et de 38,27 $\mu\text{S/cm}$). Les résultats au nord-est sont proches de ceux observés par Mbega (2004) dans le lac Avanga (37,8 $\mu\text{S/cm}$) à la fin de la grande saison sèche. Ces faibles conductivités pourraient s'expliquer par le fait que ces stations sont en zone forestière où le renouvellement permanent des eaux peut ne pas permettre aux éléments nutritifs issus du lessivage des sols de se concentrer. Par conséquent, l'écart de minéralisation entre le nord-est et le sud-est du parc semble être dû au fait que la partie sud-est (zone de la Nyanga) est une zone montagneuse marquée par une forte érosion et donc une altération plus remarquable de la roche mère. Alors que la partie nord-est (zone de la Ngounié) est une zone de basse altitude.

Les concentrations en nutriments azotés et en phosphates sont faibles dans l'ensemble des rivières échantillonnées. Ces résultats pourraient s'expliquer par le fait que les principales sources d'apport de ces éléments sont les activités anthropiques modernes dont l'agriculture, l'élevage, etc. Dans la périphérie est du PNMD, zone peu habitée, la principale activité socio-économique pratiquée par les villageois est l'agriculture itinérante sur brûlis, sans utilisation d'engrais chimiques. De plus, aucune eutrophisation n'a été observée dans ces eaux.

5 CONCLUSION

Ce travail a permis de caractériser la macrofaune benthique de certains cours d'eau de du PNMD en particulier dans ses parties nord-est et sud-est et d'apprécier leur qualité. En outre, il a permis de faire une caractérisation physico-chimique des rivières présentes dans le PNMD. De manière générale, ces eaux sont basiques, à faible conductivité et à faibles concentrations en matières azotées. Ces écosystèmes aquatiques sont marqués

par une absence d'eutrophisation et par une grande capacité d'autoépuration (Brahya, 2005).

L'inventaire préliminaire des macroinvertébrés dans ce parc a mis en évidence 5 classes réparties en 54 familles et 12 ordres. Parmi ces différentes classes, les insectes ont constitué le groupe taxonomique le plus abondant et le plus diversifié. De ce fait, les eaux des stations étudiées sont d'excellente qualité et ne semblent pas présenter actuellement des signes de perturbation.

Des études plus approfondies sur ces groupes sont indispensables pour améliorer les connaissances sur les différentes espèces de macroinvertébrés qui colonisent ces cours d'eau dans le PNMD. Compte tenu de la mise en œuvre future des projets d'exploitation minière (fer, barytine) prévus dans cette région, il serait judicieux d'étendre la caractérisation de la qualité des eaux à tout le réseau hydrographique afin de faire un état des lieux des macroinvertébrés présents dans le parc et d'évaluer l'état de santé écologique de ces milieux aquatiques. Aussi, à long terme, il conviendrait de mettre en place un programme de biosurveillance de ces cours d'eau pour permettre la conception d'un indice biotique local, basé sur les peuplements des macroinvertébrés benthiques propre au Gabon.

Pour mieux préserver la biodiversité, il est indispensable que tous les acteurs de la gestion des aires protégées du Gabon accordent une attention particulière aux écosystèmes aquatiques, dans la mesure où ceux-ci jouent un rôle important dans le développement socio-économique et culturel d'un pays.

6 REMERCIEMENTS

Ce manuscrit a été réalisé grâce à l'appui institutionnel, financier et logistique de la Direction Générale de l'Ecole Nationale des Eaux et forêts, du Laboratoire d'hydrobiologie/ichtyologie de l'Institut de Recherches Agronomiques et Forestières, du Département des pêches d'aquaculture et des écosystèmes aquatiques de l'Ecole Nationale des Eaux et Forêts et de l'Agence Nationale des Parcs Nationaux. Nous adressons nos sincères remerciements à Marie Louise YEDI, Blanche KEYI MIKISSA, Gemonin ALLOGHO, Rufin MIKALA, Edouardo BILARDO et à Nelly MOUSSAVOU pour leur aide multiforme dans le cadre de la réalisation de ce travail.

BIBLIOGRAPHIE

- Adadedjan D., 2012. *Diversité et déterminisme des peuplements de macroinvertébrés benthiques de deux lagunes du Sud- Bénin : la Lagune de Porto-Novo et la Lagune Côtière*. Thèse de doctorat, Université d'Abomey-Calavi-Bénin, 261 p.
- AFNOR, 1992. *Détermination de l'Indice Biologique Global Normalisé (IBGN)*. Essai des eaux, NF T90-350, Association Française de Normalisation, déc 1992, 9 p.
- AGROPOLIS, 2007. *Les dossiers d'Agropolis international, "Ecosystèmes aquatiques : ressources et valorisation"*, n°6, 68 p.
- Ahouansou Montcho S., 2011. *Diversité et exploitation des poissons de la rivière Pendjari (Bénin, Afrique de l'Ouest)*. Thèse de Doctorat, Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 241 p.
- Alhou B., Micha J.C., Dodo A. & 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.
- Ben Moussa A., Chahlaoui A., Rour E. & Chahboune M., 2014. Diversité taxonomique et structure de la macrofaune benthique des eaux superficielles de l'oued khoumane. Moulay idriss Zerhoun, Maroc. *Journal of Materials and Environmental Science*, **5**(1), 183-198.
- Bilardo A. & Rocchi S., 2008. *Haliplidae, Noteridae, Dytiscidae (Coleoptera)*. Plateau Batéké. Rapport de missions 2005 et 2006, 238 p.
- Bilardo A. & Rocchi S., 2010. *Haliplidae, Noteridae, Dytiscidae (Coleoptera) du Gabon (7ème partie)*. Parc National des Plateaux Batéké. Rapport de missions 2007 et 2008 et considérations sur quelques espèces du genre *Neptosternus* Sharp, 1882 en Afrique Centrale, 50 p.
- Bilardo A & Rocchi S., 2012. A revision of the african species of the genus *Neptosternus* Sharp, 1882 (Coleoptera; Dytiscidae). *Memorie della Societa Italiana di Scienze Naturali e del Museo civico di Storia Naturale di Milano*, **37** (3), 1-48.
- Bilardo A. & Rocchi S., 2013. *Haliplidae, Noteridae, Dytiscidae (Coleoptera) du Gabon (9ème partie)*. Parc National des Plateaux Batéké. Rapport de missions 2010 et 2012, 155 p.
- Brahya V., 2007. *L'eutrophisation et l'enrichissement en nutriments*, Chapitre 10 : L'eau et l'environnement aquatique. Rapport sur l'état de l'environnement Wallon 2006-2007, 18p.
- Camara A.I., Diomande D. & Gourene G., 2014. Impact des eaux usées et de ruissellement sur la biodiversité des macroinvertébrés de la rivière Banco (Parc

- National du Banco, Côte d'Ivoire). *Revue du CAMES*, 2, 58-68.
- Cayrou J., Compin A., Giani N. & 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.
- Death R.G., 1995. Spatial patterns in benthic invertebrate community structure: Products of habitat stability or are they habitat specific? *Freshwater Biology*, 33, 455-467.
- Delhumeau M., 1969a. Etude des sols de la région de Mouila en relation avec l'évolution karstique du schisto-calcaire de la Nyanga, *Cahiers de l'O.R.S.T.O.M., série Pédologie, vol. VII(3)*, 417-434.
- Delhumeau M., 1969b. Sols de la Nyanga, *Cahiers de l'O.R.S.T.O.M.*, 410.
- Diomande D. et al., 2009. Diversité des Macroinvertébrés Benthiques de la Rivière Agnéby (Côte d'Ivoire; Afrique de l'Ouest). *European Journal of Scientific Research*, 35(3), 368-377.
- Doumenge C. et al., 2015. *Aires protégées d'Afrique centrale – État 2015*. Rapport OFAC, Kinshasa, République Démocratique du Congo et Yaoundé, Cameroun, 256 p.
- ECOSPHERE, 2012. *Etude d'Impact Environnemental relative à l'Implantation d'une palmeraie Lot 2 dans la zone de Mouila*. Rapport d'EIES, Olam Palm Gabon, 320 p.
- ECOSPHERE, 2013. *Etude d'Impact Environnemental et Social relative aux Travaux de Défrichage de la parcelle "F" dans la zone franche de l'île Mandji*. Rapport d'EIES, Olam Palm Gabon, 182 p.
- Elouard J.M., 1981. *Diptères: caractères généraux, clés systématiques et familles peu importantes*. In: Durand J.R. & Lévêque C., Eds. *Flore et Faune Aquatiques de l'Afrique-soudanienne*. Tome II, Eds ORSTOM, Paris, 553-556.
- Evrard M., 1996. *Utilisation des exuvies nymphales de Chironomidae (Diptera) en tant qu'indicateurs biologiques de la qualité des eaux de surface wallonnes*. Thèse de Doctorat, Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix Namur (Belgique), 204 p.
- Foto Menbohan S., Zebaze Togouet S.H., Nyamsi Tchacho N.L. & Njine 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.
- Gagnon E. & Pedneau J., 2006. *Survot Benthos* : Guide du volontaire, programme de surveillance volontaire des petits cours d'eau. CVRB, Guide pédagogique, Québec, Canada, 32 p.
- Goaziou Y., 2004. *Méthodes d'évaluation de l'intégrité biotique du milieu aquatique basées sur les macroinvertébrés benthiques*. Rapport de stage. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Environnement Québec, 157 p.
- Heidemann H. & Seidenbusch R., 2002. *Larves et Exuvies des Libellules de France et d'Allemagne (sauf de Corse)*. Société Française d'Odonatologie, France, 416 p.
- Koumba M., 2016. *Diversité familiale des macroinvertébrés et qualité des cours d'eau du Parc National de Moukalaba Doudou (sud-ouest du Gabon)*. Mémoire de fin de cycle du diplôme d'ingénieur de conception. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, Libreville, 25 p.
- Mary N., 1999. *Caractéristiques physico-chimiques et biologiques des cours d'eau de la Nouvelle-Calédonie, proposition d'un indice biotique fondé sur l'étude des macroinvertébrés benthiques*, Thèse de doctorat, Université Française du Pacifique, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 181 p+ annexes.
- Mary N., 2000. *Guide d'identification des macroinvertébrés benthiques des rivières de la Nouvelle-Calédonie*. Rapport. Ministère de l'Environnement, Service de l'Eau (Paris), Province Nord et Province Sud de la Nouvelle-Calédonie, 92 p.
- Mary N. & Hytec, 2007. *Mise en place d'un indice biologique spécifique aux terrains miniers en Nouvelle-Calédonie*. Province Sud, Province Nord, DAVAR, Nouvelle-Calédonie. Rapport de mission. 120 p + annexes.
- Mary N., 2011. *L'indice Biotique de la Nouvelle Calédonie (IBNC) et l'Indice Biosédimentaire (IBS)*. Guide Méthodologique et Technique, 58 p.
- Massolou A.M., 2008. *Diagnostic écologique des cours d'eau forestiers par la caractérisation des macroinvertébrés benthiques dans la forêt classée de la Mondah*. Mémoire de fin de cycle pour le Diplôme d'ingénieur de conception des Eaux et Forêts. Ecole Nationale des Eaux et Forêts, 56 p.
- Massolou A.M., 2010. *Utilisation des traits bioécologiques des macroinvertébrés comme outils complémentaires à l'indice Biologique global Normalisé pour l'évaluation des risques de pollution des écosystèmes aquatiques*. Master II Recherche Université de Montpellier 2, France, 77 p.
- Mbega J.D., 2004. *Biodiversité des poissons du bassin inférieur de l'Ogoué (Gabon)*. Thèse de doctorat, Université de Namur, 614 p.

- Mboye B., 2009. *Contribution à la caractérisation de peuplements de Macroinvertébrés afin d'établir la faisabilité d'indicateur de suivi de perturbation des milieux dans deux écosystèmes aquatiques aux environs de Libreville*. Mémoire de Master II. Faculté des Sciences, Université de Montpellier 2, France, 23 p.
- Mboye B., 2012. *Inventaire de la plaine Wanga*. Rapport de mission, Libreville, 12 p.
- Mboye B., 2014. *Etude préliminaire du bassin de l'Ivindo*. Rapport de mission, Libreville, 16 p.
- Merritt R.W., Cummins K.W. & Berg M.B., 2008. *An introduction to the aquatic insects of North America*. 4th edition, Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque IA, 1158 p.
- Moisan J. & Pelletier L., 2011. *Protocole d'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques d'eau douce du Québec, Cours d'eau peu profonds à substrat meuble 2011*. Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, ISBN : 978-2-550-61166-0 (PDF), 39 p.
- Nouayti N., Khattach D. & Hilali M., 2015. Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique de haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc), *J. Mater. Environ. Sci.* **6** (4): 1068-1081.
- Quinn J.M. & Hickey C.W., 1990. Characterization and classification of benthic invertebrate communities in 88 New Zealand rivers in relation to environmental factors. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research*, **24**, 387-409.
- Reynoldson T.B. & Wright J.F., 2000. The reference condition: problems and solutions. In: Wright J. F., Sutcliffe D.W. & Furse M.T. eds. *RIVPACS and similar techniques for assessing the biological quality of freshwaters*. *Freshwater biological association and environment agency*, Ambleside, Cumbria, UK., 293-303.
- Sanogo S. & 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., Kabre T.J.A. & 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.
- Secondat M., 1952. Les variations de la température et de la concentration en oxygène dissous des eaux lacustres et des eaux courantes. Leur retentissement sur la distribution des poissons, *Bull. Fr. Piscic.*, **167** : 52-59.
- Shannon C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, **27**(379-423), 623-656.
- Simpson E. H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, **163**, 688-688.
- Tachet H., Bournaud M. & Richoux P., 1980. *Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (système élémentaire et aperçu écologique)*. Association française de limnologie, 75 p.
- Tachet H., Bournaud M., Richoux P. & Usseglio-Polatera P., 2000. *Invertébrés d'eau douce: Systématique, Ecologie, Biologie*. CNRS Edition, Paris, France, 588 p.
- Tchinga G., 2013. *Santé écologique des rivières et plans d'eau de la Plaine Ouanga*. Recherche des macroinvertébrés bioindicateurs, Rapport de mission, 63 p.
- Vande Weghe J.P., 2012a. *Les parcs nationaux du Gabon: Moukalaba Doudou*. Worldlife Conservation Society, Libreville, Gabon, 296 p.
- Vande Weghe J.P., 2012b. *Wonga Wonghé*. Agence Nationale des Parcs Nationaux, Libreville, Gabon, 192 p.
- Vergon J.P. & Bourgeois C., 1993. *Diptère Chironomides (larves aquatiques)*. Tome I, 32 p.
- WCMC (World Conservation Monitoring Centre), 1992. *Global Biodiversity. Statut of the Earth's living resources*. Chapman and Hall (Londres), 585 p.

(54 réf.)