

Cartographie de l'aire de distribution des mollusques dulcicoles dans la région de Katana et ses environs, Sud-Kivu, République Démocratique du Congo

Jean Jacques Mashimango BAGALWA^{1,2*}, Bertin Kabale NDEGEYI¹,
Pierre Cishibanji BATUMIKE¹, Jean Louis Kayeye BAHIZIRE¹, Olivier Aganze KALALA³
et Jean Pierre Bajope BALUKU^{1,2}

¹ Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, Département de Biologie, Laboratoire de Malacologie, Sud Kivu, RD Congo

² Université du Cinquantenaire de Lwiro, Faculté des Sciences, Sud-Kivu, RD Congo

³ Makerere University, Geomatics and land management, P.O. Box 7062, Kampala, Uganda

(Reçu le 10 Août 2020 ; Accepté le 15 Octobre 2020)

* Correspondance, courriel : mashibagalwa@gmail.com

Résumé

Le but de ce travail est de contribuer à la connaissance de la distribution des mollusques aquatiques dans la région de Katana et ses environs. Des investigations faites par la méthode d'Homme-Temps standardisée d'Olivier et Scheiderman (1956), ont été réalisées dans 54 écosystèmes aquatiques de la région pour récolter les espèces des mollusques aquatiques, les identifier et effectuer la cartographie de leur distribution. L'analyse des données a été faite par la méthode de calcul des indices de diversité. Sur les 2822 spécimens des mollusques aquatiques récoltés, dix-neuf espèces ont été identifiées dans la région durant la période d'étude. Selon la distribution des espèces des mollusques, quatre espèces sont prédominantes dans les différents habitats. La répartition de l'espèce *Lymnaea natalensis* est assez identique à celle de *Biomphalaria pfeifferi*, mais par contre, celle de l'espèce *Physa acuta* est en progression dans la région alors qu'elle n'existait pas au paravent. Quant aux espèces *Bulinus forskalii* et *Bulinus globosus*, leur distribution est limitée dans certains écosystèmes comme le littoral du lac Kivu et les étangs piscicoles. Les autres espèces des mollusques ont une distribution en taches avec un nombre d'habitat réduit due à leur écologie. Les systèmes aquatiques prospectés ont presque les mêmes caractéristiques physico-chimiques avec quelques variations dans les rivières. Parmi les espèces hôtes intermédiaires de *Schistosoma*; *Biomphalaria pfeifferi* est largement répandu dans les deux groupements (Bugorhe et Irhambi) qui conduit au risque d'infestation dans la région. Ces résultats constituent une référence pour les études du changement climatique, mais les études ultérieures des espèces trouvées et des facteurs du milieu sont hautement souhaités.

Mots-clés : cartographie, distribution, mollusques, Irhambi et Bugorhe, groupements.

Abstract

Cartography of the distribution of aquatic snails in Katana and surrounding region, South Kivu, Democratic Republic of Congo

Investigations were carried out in 54 sites representing aquatic ecosystems of Katana and its surrounding region made of fish ponds, rivers, streams, springs and the coastline of Lake Kivu to identify the species of aquatic snails and to map their distribution according to species. Nineteen species of snails and 2822 specimens were recorded in the region during the study period. Four species predominate for their distribution and number of habitats. *Biomphalaria pfeifferi* is found on more than 80 % of the prospecting sites and in all the aquatic ecosystems of the region. The distribution of the species *Lymnaea natalensis* is quite identical to that of *Biomphalaria pfeifferi*. The distribution of the species *Physa acuta* is increasing in the region when it did not exist before. *Bulinus forskalii* and *Bulinus globosus* species have a more limited distribution in certain ecosystems such as the coast of lake Kivu and fish ponds. The other species of molluscs have a patchy distribution with reduced habitat numbers due to their ecology. The influence of various physicochemical properties of water on their presence is discussed. Maps of the distribution of intermediate host species encountered in the region are presented. Among the intermediate hosts of *Schistosoma*, *Biomphalaria pfeifferi* is widespread and other intermediate host species are rarely distributed in both sub counties (Bugorhe and Irhambi). These results provide a benchmark for studies of climate change and schistosomiasis in the region but further studies of the species found and environmental factors are highly desired.

Keywords : cartography, distribution, Freshwater snails, Irhambi and Bugorhe, sub-counties.

1. Introduction

Les mollusques sont des invertébrés à corps mous couverts des coquilles calcaires. La coquille peut être en une seule pièce, comme chez les gastéropodes, en deux pièces, comme chez les bivalves ou en plusieurs pièces comme chez les polyplacophores [1, 2]. Les mollusques se rencontrent dans les sites qui présentent les meilleures conditions en fonction de la climatologie locale, des abris et de la nourriture. Cependant, la distribution de leurs habitats dans une région donnée n'est pas statique dans le temps [3]. C'est pour cela qu'il est utile de procéder à des intervalles réguliers au recensement des espèces afin de déterminer si l'une d'entre elles présente une extension ou au contraire un déclin [4]. Parmi les mollusques aquatiques, certains sont des hôtes intermédiaires des parasitoses, comme les schistosomiasis humaines et animales (ex. *Biomphalaria spp* et *Bulinus spp*) et des Fascioloses animales et humaines (ex. *Lymnaea spp*) [5]. Dans la région de Katana, certaines espèces des mollusques sont associées à la transmission de la schistosomiose : *Biomphalaria pfeifferi*, qui vit principalement dans les petites rivières, les marais, les étangs piscicoles et les zones littorales du lac Kivu et *Bulinus truncatus*, qui est largement distribuée est la principale espèce hôte du lac Kivu [6]. Mais aussi, l'apparition de *Physa acuta*, un nouveau mollusque invasif dans la région [7] a motivé cette étude afin de connaître les espèces des mollusques y existant et les cartographier. La distribution des mollusques hôtes intermédiaires des maladies tant humaines qu'animales est la mieux connue au monde, en Afrique et même en République Démocratique du Congo car elle est impliquée dans l'épidémiologie des maladies spécifiques [1, 8]. Cette distribution est influencée par divers facteurs environnementaux (biotiques comme abiotiques) [9]. Depuis 1979, le laboratoire de Malacologie de Lwiro a réalisé de nombreuses études malacologiques dans la région du Sud-Kivu et plus particulièrement dans les affluents des lac Kivu et lac Tanganyika [10,11]. Ces études ont été complétées par des travaux récents sur l'écologie des espèces *Physa acuta* et *Pila ovata* [7, 12]. Cependant, en RDC en général et au Sud-Kivu en particulier, les cartes de distribution des mollusques sont devenues obsolètes car elles ont été établies en 1954 [1, 11] et n'ont jamais

été actualisées par la suite [7]. Avant ces premiers travaux, aucune carte de répartition de différentes espèces des mollusques aquatiques rencontrées dans la région de Katana n'a été disponible. Les fréquences de leurs habitats dans cette zone par rapport aux différentes espèces des mollusques n'existent pas. Les cartes de distribution des mollusques hôtes et de la schistosomiase montrent qu'il existe des populations des mollusques dans des nombreuses zones sans aucun enregistrement de la maladie ; cependant, ces zones sont susceptibles de devenir endémiques en raison des changements environnementaux et socio-économiques [13]. Pour répondre à cette problématique, nous avons effectués des investigations pendant la période de Septembre 2014 à Août 2017 dans les groupements de Bugorhe et d'Irhambi/Katana car c'est dans ce secteur que la plupart de nos prospections ont eu lieu au cours de 20 dernières années. Cette étude vise à cartographier la distribution des mollusques et le risque potentiel de transmission active de la schistosomiase dans deux groupements (Bugorhe et Irhambi/Katana) du Sud-Kivu.

2. Matériel et méthodes

2-1. Milieu d'étude

La région de Katana se trouve dans la zone de transition sub-montagnarde située sur la côte occidentale du lac Kivu, au versant oriental de la chaîne du Grabben Est Africain (28°45' E-28° 85'E et 2° 15'S-2° 30'S), entre 1465 m d'altitude (bord du lac Kivu) et 2000 m d'altitude (mont Kahuzi-Biega). Elle possède un climat doux, de type tropical humide tempéré par l'altitude, pluvieux à courte saison sèche allant du mois de Juin à Août. Sa température moyenne, relativement fraîche, est stable au cours de l'année avec des petites variations entre 19,52 °C et 20, 62 °C (moyenne de 10 ans de 2001 à 2010). Sa pluviosité moyenne varie d'un mois à l'autre avec des fortes pluies enregistrées en Novembre (185, 82 mm en moyenne), Juillet étant le mois le plus sec (24, 65 mm en moyenne) (Rapport Service climatologique de Lwiro, 2001-2010). La région est arrosée par des nombreux petits cours d'eau permanents ou non. Sa végétation est dominée par la savane mixte arbustive et herbeuse, fortement dégradée et cédant progressivement la place à une savane cultivée [11]. Cette étude a été réalisée dans tous les écosystèmes aquatiques existant dans la région d'étude (lac, rivières, ruisseaux, étangs piscicoles, sources, drains, marais, etc.) en y associant les mesures des facteurs physico-chimiques. Au total, 54 sites ont été prospectés pendant cette étude.

2-2. Inventaire et Identification des mollusques aquatiques

Les mollusques ont été récoltés suivant la méthode Homme-temps standardisée [7]. Le temps de récolte a été fixé à 10 minutes par personne pour chaque site d'échantillonnage. La collecte des mollusques s'est faite généralement à l'aide d'un filet troubleau, à petites mailles de 2 mm, ayant une ouverture circulaire de 30 cm de diamètre et accroché sur une manche de bois. A certains endroits, la récolte a été faite par ramassage simple à l'aide d'une pince durant le même temps. Les mollusques récoltés ont été transportés au laboratoire de Malacologie du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro, dans des sceaux en plastique pour être identifiés suivant la clé de détermination de [1]. Les mollusques ainsi identifiés ont été photographiés et conservés dans le formol 10 %, dans des boîtes en cartons ou en plastique.

2-3. Mesure des paramètres physico- chimiques

Des prélèvements de l'eau ont accompagné simultanément les prélèvements des mollusques sur le terrain pendant la récolte dans le but de caractériser la physicochimie de l'eau des écosystèmes aquatiques visités. Certains paramètres physico-chimiques ont été analysés *in situ* tels que la vitesse du courant d'eau, la profondeur, la largeur et la température de l'eau. La conductivité, la dureté, TDS, le calcium, le magnésium, le chlorure et la salinité ont été analysés au Laboratoire de Malacologie du Centre de Recherche en Sciences Naturelles de Lwiro (CRSN-Lwiro) suivant les méthodes standards [14 - 16].

2-4. Établissement des cartes de distribution des mollusques trouvés

La collecte des données a été réalisée à partir des cartes topographiques et hydrographiques de la région au 1/50.000 et des mesures sur terrain en utilisant le GPS (Global Positioning System) de marque ETREX. Les coordonnées géographiques des sites de prélèvements des mollusques ont été obtenues pour chaque site. Le traitement des données a été réalisé au moyen d'un logiciel ArcGIS (10.1). Les cartes de distribution des espèces des mollusques recensés ont ainsi été produites pour la région d'étude ; elles permettent de comparer la répartition des espèces et de croiser ces informations avec les informations sur les facteurs biotiques et abiotiques, dans le but d'identifier les paramètres explicatifs potentiels de répartition des espèces.

2-5. Détermination de la répartition altitudinale de ces mollusques

Les sites de prélèvement des mollusques ont été classés en fonction de l'altitude. Ainsi, 5 tranches altitudinales ont été déterminées dans la région de Katana. Tranche 1 : 1400 m - 1500 m ; Tranche 2 : 1501 m - 1600 m ; Tranche 3 : 1601 m - 1700 m ; Tranche 4 : 1701 m - 1800 m ; Tranche 5 : 1801 m - 1900 m et Tranche 6 : 1901 m - 2000 m.

2-6. Calcul des paramètres écologiques clés : fréquence, densité, abondance, richesse spécifique, diversité spécifique, Indice de Shannon-Weaver, Indice de Simpson

2-6-1. Densité des mollusques

La détermination de la densité des mollusques a été faite par la méthode employée par [17] et adoptée par nous, en comptant le nombre de mollusques recueillis pendant 10 minutes par le même prospecteur et en utilisant l'échelle de densité en trois niveaux suivants : de 1-10 mollusques : densité faible, de 11-50 mollusques : densité moyenne et plus de 50 mollusques : densité forte.

2-6-2. Richesse spécifique

La Richesse spécifique S est représentée par le nombre total d'espèces recensées par unité de surface, par temps de récolte dans un écosystème donné. $S =$ nombre d'espèces de la zone d'étude.

2-6-3. Abondance relative

L'abondance relative des espèces récoltées a été calculée suivant la **Formule** suivante :

$$\text{Abondance des mollusques}(\%) = \frac{\text{Nombre de mollusques récoltés par espèce} \times 100}{\text{Nombre de mollusques récoltés}} \quad (1)$$

2-6-4. Indice de Shannon-Weaver (H')

C'est l'un des indices de biodiversité le plus connu et le plus utilisé par les spécialistes :

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \log_2 p_i \quad [18] \quad (2)$$

avec, H' : indice de biodiversité de Shannon-Weaver ; i : une espèce du milieu étudié ; p_i : proportion d'une espèce i par rapport au nombre total d'espèces dans le milieu ; S : nombre d'espèces.

Les valeurs de la diversité H ont différentes significations : H' est nul si tous les individus du peuplement appartiennent à une seule et même espèce, H' est également minimal si, dans un peuplement chaque espèce est représentée par un seul individu, excepté une espèce qui est représentée par tous les autres individus du peuplement. L'indice est maximal quand tous les individus sont répartis d'une façon égale chez toutes les espèces [18]. De la même manière, l'indice de Shannon est d'autant plus élevé que le nombre d'espèces est grand. Cet indice permet de quantifier la biodiversité d'un milieu d'étude et donc d'observer une évolution au cours du temps. La classification de l'indice de Shannon proposée par Fernando (1995), cité par [19], a été utilisée dans ce travail.

2-6-5. Indice de Simpson

Elle mesure la probabilité que deux individus sélectionnés au hasard appartiennent à la même espèce :

$$D = \sum \frac{N_i(N_i-1)}{N(N-1)} \quad [18, 19] \quad (3)$$

Ni étant le nombre d'individus de l'espèce donnée et N, le nombre total d'individus.

Quand cet indice a une valeur de 0, il y a le maximum de diversité, et une valeur de 1 pour indiquer le minimum de diversité. Dans le but d'obtenir des valeurs «plus intuitives», on peut préférer l'indice de diversité de Simpson représenté par 1-D, le maximum de diversité étant représenté par la valeur 1, et le minimum de diversité par la valeur 0. Il faut noter que cet indice de diversité donne plus de poids aux espèces abondantes qu'aux espèces rares. Le fait d'ajouter des espèces rares à un échantillon, ne modifie pratiquement pas la valeur de l'indice de diversité [20].

2-6-6. Fréquences des espèces

La fréquence des mollusques dans l'échantillonnage était calculée par la **Formule** suivante :

$$\text{Fréquence (\%)} = \frac{\text{Nombre de sites positifs} \times 100}{\text{Nombre de sites prospectés}} \quad [20] \quad (4)$$

3. Résultats et discussion

3-1. Inventaire et Identification des mollusques aquatiques

Sur les 54 sites prospectés, seuls 44 sites ont été positifs car contenant les mollusques. Les mollusques inventoriés dans les écosystèmes aquatiques des groupements d'Irhambi/Katana et Bugorhe montre que 19 espèces des mollusques ont été inventoriées dans les deux groupements. Elles appartiennent à 2 classes (gastéropodes et Lamellibranches), 3 sous-classes (Pulmonés, Prosobranches et Bivalves) et 8 familles (Planorbidae (*Biomphalaria pfeifferi*, *Biomphalaria smithii*, *Helisoma diuryi*), Lymnaeidae (*Lymnaea natalensis*, *Lymnaea columella*), Bulinidae (*Bulinus forskalii*, *Bulinus globosus*), Thiariidae (*Potadoma freethii*, *Potadoma ignobilis*, *Potadoma schuterdeni*, *Melanooides tuberculata*, *Tomchia kivuensis*, *Tomchia hendrickxi*, *Tomchia ventricosa*), Pilidae (*Physa acuta*), Sphaeridae (*Pisidium casertanum*) et Ancyliidae (*Ferrisia burnipii*)). Dans la sous-classe des pulmonés existe 4 familles avec des espèces comme *Bulinus globosus*, *Biomphalaria pfeifferi* toutes reconnues hôtes intermédiaires des schistosomoses. *Biomphalaria pfeifferi* est l'hôte intermédiaire de *Schistosoma mansoni* dans la Province du Sud-Kivu [10,11], *Bulinus globosus* et *Bulinus forskalii* sont connus hôtes intermédiaires de la *Schistosoma haematobium* [10, 21]. Ces résultats sont

différents de ceux de [7] qui ont travaillé dans la même région et ont trouvé 2 sous classes et 7 familles. Cette différence serait probablement due à la zone couverte par l'étude. En effet, notre travail a été élargi à des zones où les travaux de [7] n'avaient pas couvert. Les autres études dans cette région ne concernaient que les mollusques hôtes intermédiaires de la schistosomiase et ont montré une large distribution de ces espèces particulièrement le *Biomphalaria pfeifferi*.

3-2. Mesure des paramètres physico - chimiques

Les moyennes de quelques propriétés physico-chimiques des différents types d'écosystème sont présentées dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Paramètres physico-chimiques de l'eau en fonction des types d'écosystème (moyenne \pm Ecart-type)

Paramètres	TYPES D'ECOSYSTEMES				
	Sources	Ruisseaux	Rivières	Etangs	Lac
Température (° C)	19,9 \pm 4,1	19,9 \pm 0,8	18,7 \pm 1,0	20,1 \pm 0,6	23,0 \pm 0,5
pH	7,5 \pm 1,4	7,7 \pm 0,2	7,6 \pm 0,1	8,1 \pm 0,3	7,6 \pm 0,1
Oxygène dissous (mg/L)	6,4 \pm 1,7	6,8 \pm 1,5	7,4 \pm 1,9	7,4 \pm 0,7	7,1 \pm 0,6
Calcium (mg/L)	6,4 \pm 1,7	6,8 \pm 1,5	7,4 \pm 1,9	7,4 \pm 0,7	7,1 \pm 0,6
Phosphore Total (μ mol/L)	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0,0	0,2 \pm 0,	0,1 \pm 0,1
Azote Total (μ mol/L)	0,5 \pm 0,3	0,5 \pm 0,3	1,2 \pm 2,4	0,4 \pm 0,3	0,4 \pm 0,4
Profondeur (cm)	55,3 \pm 36,9	61,0 \pm 39,5	73,6 \pm 11,5	65,9 \pm 13,5	78,9 \pm 6,2
Vitesse (m/s)	0,4 \pm 0,2	0,5 \pm 0,1	0,7 \pm 0,2	0,2 \pm 0,4	0,3 \pm 0,4

Les valeurs de différentes variables abiotiques observées montrent que les cours d'eaux considérés ont approximativement les mêmes caractéristiques physico-chimiques, malgré quelques variations observées d'un site à l'autre. Cette dissemblance dans les valeurs des paramètres physico-chimiques peut être liée aux caractéristiques des écosystèmes considérés dans la région. Elles répondent en général mieux aux conditions écologiques des espèces des mollusques récoltées tel que l'avait prouvé [11]. La température est aussi un facteur environnemental important pour la vie aquatique contrôlant ainsi l'ensemble des processus biologiques (reproduction, croissance, etc.) liés à un environnement donné [22]. Les températures de surface restent toujours supérieures à 20 °C dans le Lac Kivu et dans les étangs piscicoles qui est en accord avec l'étude de [23] qui lui a trouvé une température de 24 °C au Cameroun. Mais dans les écosystèmes où les eaux coulent, la température est inférieure à 20 °C. Elle est en moyenne inférieure (18,7 \pm 1,0 °C) dans les rivières des groupements d'Irhambi/Katana et de Bugorhe. Ceci est probablement dû aux conditions climatiques de la région comme l'avait constaté aussi Grogga [24]. Ces rivières dans les groupements d'Irhambi/ Katana et Bugorhe prennent leurs sources dans les hautes altitudes du Parc National de Kahuzi-Biega [25]. La plupart des espèces des mollusques supportent donc une large gamme de température [26] ; c'est pourquoi on observe que certaines espèces sont largement distribuées et surtout qu'elles sont favorisées par ce changement du climat qui se manifeste déjà dans la région. L'oxygène dissous est étroitement lié à la température de l'air, qui conditionne sa solubilité [26]. Il est supérieur à 6 mg/L dans l'ensemble des sites prospectés contenant des mollusques. Les besoins des diverses espèces des mollusques en oxygène diffèrent nettement, ce qui retient notamment sur leur répartition. Dans les milieux aquatiques, l'oxygène provient principalement de la photosynthèse réalisée par des algues, des végétaux aquatiques et certaines bactéries et assure la respiration des organismes aquatiques tels que les mollusques [27]. Quant au calcium, il a une importance pour les mollusques aquatiques car il contribue à la formation de la coquille. Les concentrations du calcium dans les eaux des groupements d'Irhambi / Katana et Bugorhe sont en moyenne faibles comparativement à celles d'autres écosystèmes aquatiques en Afrique [25]. Les concentrations de

nutriments (phosphore et azote) dans nos écosystèmes aquatiques ne sont pas élevées et sont favorables à la vie des mollusques. Ces nutriments permettent la production des diatomées, principale nourriture des mollusques [28]. La végétation aquatique est extrêmement importante, elle favorise l’extension des biotopes des gastéropodes. Les mollusques passent leurs temps accrochés sur la végétation aquatique en broutant les algues et en évitant le courant d’eau [29]. La profondeur et le débit jouent aussi de manière importante un rôle majeur dans le développement algal. La profondeur est également considérée comme un des critères de répartition de la faune benthique dans les écosystèmes. La faible profondeur est favorable aux mollusques pour leur nutrition et la teneur en oxygène dissous [30]. La cartographie des espèces récoltées dans le groupement de Bugorhe et d’Irhambi/Katana s’est limitée aux mollusques hôtes intermédiaires de la schistosomiase humaine et animale présentés dans diverses cartes ci-dessous (**Figures 1 à 8**).

3-3. Établissement des cartes de distribution des mollusques trouvés

Les cartes de distribution des espèces des mollusques inventoriées sont consignées dans les **Figures** ci-dessous.

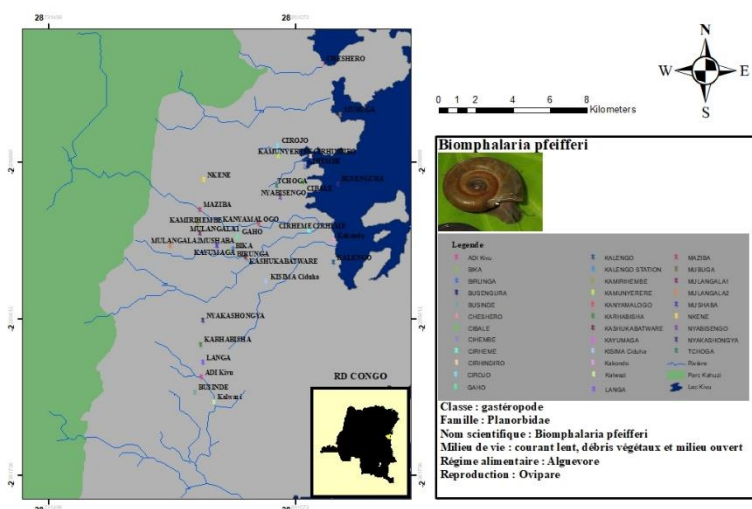


Figure 1 : Distribution de *Biomphalaria pfeifferi* dans les écosystèmes aquatiques des groupements d’Irhambi / Katana et de Bugorhe

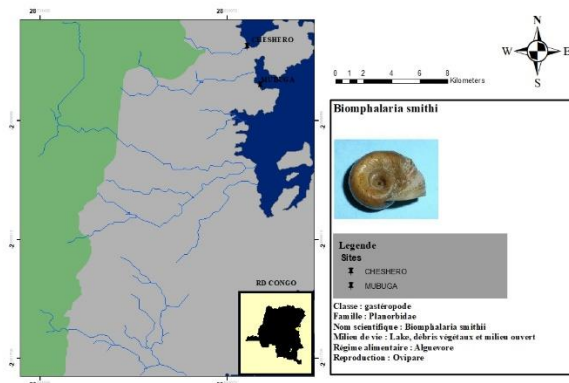


Figure 2 : Distribution de *Biomphalaria smithi* dans les écosystèmes aquatiques des groupements d’Irhambi / Katana et de Bugorhe

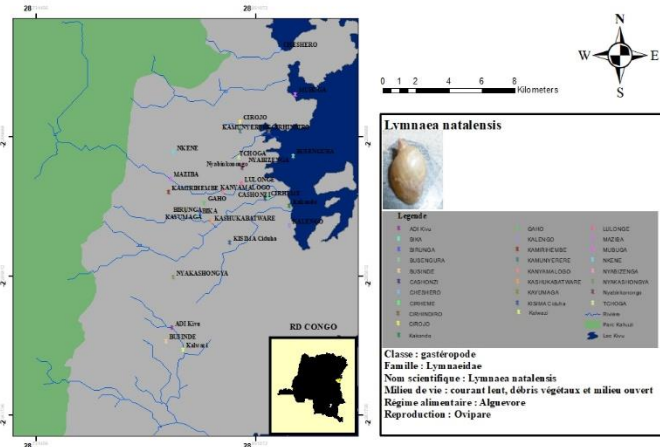


Figure 3 : Distribution de *Lymnaea natalensis* dans les écosystèmes aquatiques des groupements d'Irhambi /Katana et de Bugorhe

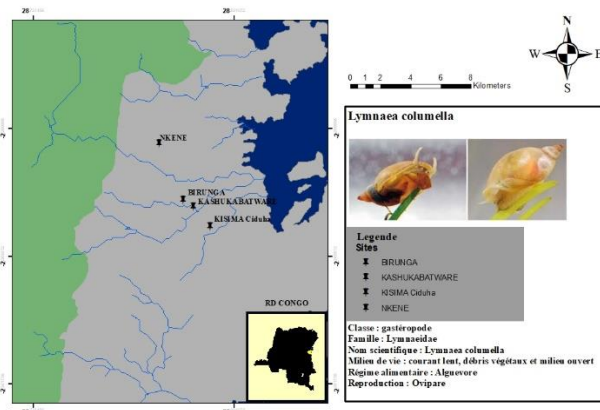


Figure 4 : Distribution de *Lymnaea columella* dans les écosystèmes aquatiques des groupements d'Irhambi /Katana et de Bugorhe

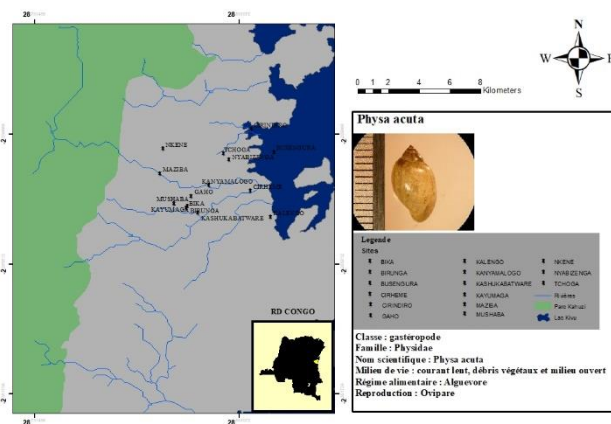


Figure 5 : Distribution de *Physa acuta* dans les écosystèmes aquatiques des groupements d'Irhambi /Katana et de Bugorhe

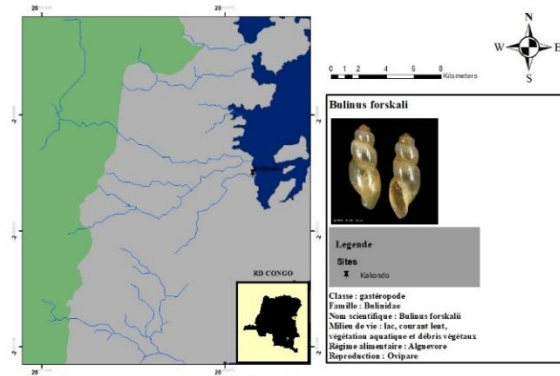


Figure 6 : Distribution de *Bulinus forskalii* dans les écosystèmes aquatiques des groupements d'Irhambi / Katana et de Bugorhe

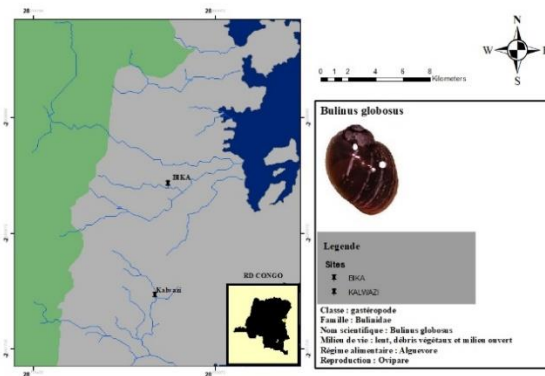


Figure 7 : Distribution de *Bulinus globosus* dans les écosystèmes aquatiques des groupements d'Irhambi / Katana et de Bugorhe

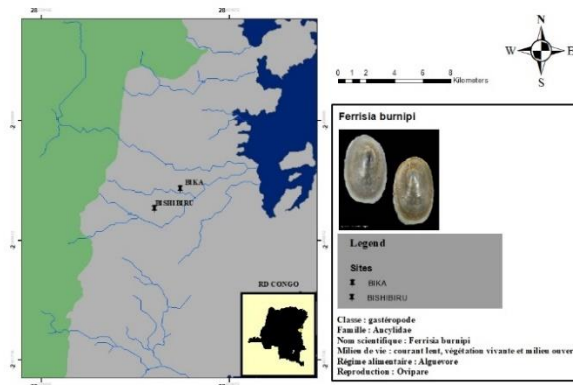


Figure 8 : Distribution de *Ferrissia burnipi* dans les écosystèmes aquatiques des groupements d'Irhambi / Katana et de Bugorhe

Ces cartes, établies sur base d'une cartographie pratique et synthétique, constituent un outil d'aide à la décision en aménagement du territoire en privilégiant la santé. Cette cartographie est assurée à travers des mesures et observations effectuées, suivies des sorties régulières de terrains [31]. Plusieurs études ont utilisé le S.I.G pour la cartographie des espèces [32 - 34].

3-4. Distribution altitudinale des mollusques

Chaque espèce a un ensemble des caractéristiques écologiques qui conditionnent son existence et qui se rapportent à l'habitat, à la nutrition, à la reproduction, à la résistance aux facteurs du milieu et aux rapports avec les espèces concurrentes ou ennemies [7, 11, 35]. Les espèces des mollusques sont abondantes dans la tranche altitudinale de 1601-1700 m où les conditions sont favorables à la survie des mollusques notamment la température de l'eau, la présence des débris végétaux et de la végétation aquatique. Aussi, la tranche altitudinale de 1400 - 1500 m contient le lac Kivu, un milieu aussi favorable pour les mollusques. Certaines espèces s'adaptent à toutes les tranches d'altitude (**Tableau 2**).

Tableau 2 : Distribution de sites des espèces des mollusques en fonction de l'altitude dans les groupements de Bugorhe et Irhambi / Katana

Espèces	1400 - 1500 m	1501 - 1600 m	1601 - 1700 m	1701 - 1800 m	1801 - 1900 m	1901 - 2000 m
<i>Biomphalaria pfeifferi</i>	8	5	12	6	1	1
<i>Biomphalaria smithi</i>	2					
<i>Lymnaea natalensis</i>	7	7	10	3	1	
<i>Lymnaea columella</i>	1		2	1		
<i>Bulinus globosus</i>			2			
<i>Bulinus forskalii</i>	1					
<i>Pila ovata</i>			6		1	
<i>Tomichia kivuensis</i>	2		3			
<i>Tomichia hendrickxi</i>	1		2			
<i>Tomichia ventricosa</i>			2			
<i>Potadoma ignobilis</i>		2	4	5		
<i>Potadoma freethii</i>		1	4	4		
<i>Potadoma schutedeni</i>			1	2		
<i>Melanoides tuberculata</i>	4					
<i>Gabiella humerosa</i>	2					
<i>Pisidium casertanum</i>	1	1	2	2		
<i>Physa acuta</i>	2	4	8		1	
<i>Helisoma diuryi</i>	1			1		
<i>Ferrisia burnipi</i>			1	1		
Total	32	20	59	25	4	1

Le **Tableau 2** montre que certaines espèces sont largement distribuées dans presque toutes les tranches d'altitude. C'est le cas de *Biomphalaria pfeifferi* et le *Lymnaea natalensis* qui sont sympatriques [10]. En effet, les espèces des mollusques ont des habitats préférentiels dont l'altitude et les autres facteurs biotiques et abiotiques font partie. Les sites situés dans les altitudes supérieures à 1800 m ont des eaux froides qui ne sont pas favorables à la survie des mollusques [36]. Selon [37], les zones froides abritent une faune classiquement peu diversifiée et peu originale. Tandis que, pour les altitudes inférieures à 1800 m, les conditions deviennent favorables. Les activités anthropogéniques dans ces zones font que les mollusques trouvent un biotope favorable à leur survie. Ces deux espèces sont reconnues largement distribuées dans la région et sont sympatriques [10]. D'autres espèces ont une limite de distribution stricte. Ces espèces ne vivent que dans le lac. C'est le cas de *Gabiella humerosa*, *Melanoides tuberculata* et *Bulinus forskalii* [1]. Une seule espèce a été trouvée dans l'altitude de 1901 - 2000 m et c'est le *Biomphalaria pfeifferi* qui est l'espèce largement distribuée dans le milieu. *Physa acuta* présente une large distribution sur l'ensemble de la région étudiée ; ce résultat concorde avec les données présentées par [4, 38]. Cette large distribution peut s'expliquer en partie par le caractère invasif de cette espèce comme cela a été constaté en Afrique du Sud [39]. Dans la tranche altitudinale de 1600 - 1700 m, on trouve un peuplement poly-spécifique vivant dans les écosystèmes divers et composés des espèces comme *Biomphalaria pfeifferi*, *Lymnaea natalensis*, *Physa acuta*, *Potadoma spp*, *Tomichia spp* et *Pila ovata*.

3-5. Évaluation des paramètres écologiques clés : fréquence, densité, abondance, richesse spécifique, diversité spécifique, Indice de Shannon-Weaver, Indice de Simpson

La densité et la richesse spécifique des mollusques dans les différents sites prospectés sont présentées dans la **Figure 9** ci-dessous.

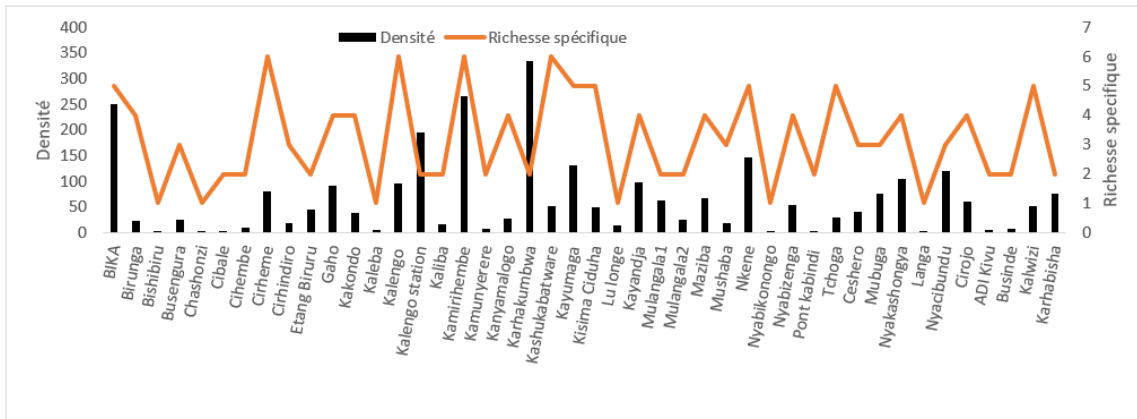


Figure 9 : Variation de la densité et de la richesse spécifique des mollusques en fonction des sites prospectés

La richesse spécifique varie considérablement d'un site à l'autre. Elle est plus élevée (6) dans certains sites (Tchoga, Kalwizi, Kisima Ciduha) à cause de la présence des facteurs biologiques et physiques notamment les matières organiques en décomposition et le courant lent. Elle est faible (1) dans d'autres sites (Chashonzi, Langa, Nyabikonongo, Lulonge, Kaleba, Bishibiru) à cause du courant fort des eaux, les érosions et la sédimentation des berges lors des fortes pluies. En effet, la richesse spécifique dépend des conditions écologiques ; un habitat hétérogène, offrant une variété des niches écologiques, favorise la prolifération des différents taxons [40]. En revanche, plus le degré de pollution est élevé plus l'écosystème est pauvre en faune malacologique. Les faibles richesses spécifiques des mollusques sont en accord avec les travaux des certains chercheurs [41] qui ont aussi trouvé les mêmes résultats pour les autres taxa des macro-invertébrés. Selon la densité des mollusques sur les 44 sites prospectés contenant les mollusques, 20 sites ont une forte densité (plus de 50 mollusques/10 minutes de récolte), 13 une densité moyenne (11 à 49 mollusques) et 11 sites ont une densité faible (< à 10 mollusques) (**Tableau 3**).

Tableau 3 : Évaluation de la densité des mollusques/récolte dans les différents sites de prélèvement

Proportion de densité / récolte	Densité	Nombre des sites
< 10 mollusques / récolte	Densité faible	11
11 - 49 mollusques / récolte	Densité moyenne	13
> 50 mollusques / récolte	Densité forte	20

Les variations des indices de Shannon et de Simpson dans les sites prospectés sont présentées dans la **Figure 10** ci-dessous.

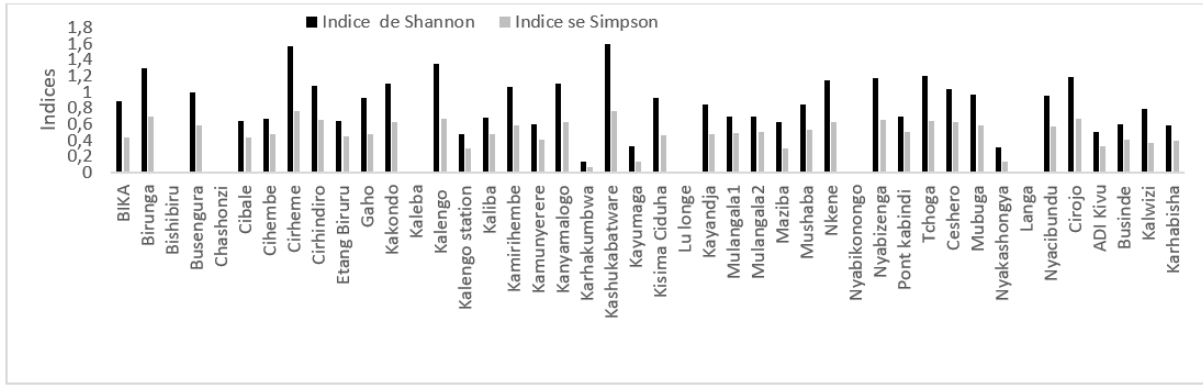


Figure 10 : Variation des indices de Shannon-Weaver et Simpson en fonction des sites de prélèvement dans les groupements d'Irhambi / Katana et Bugorhe

L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') varie entre 0 et 1,6 dans l'ensemble des stations. Les sites de Kashukabatware et Cihembe ont un indice de diversité de Shannon-Weaver le plus élevé ($H' = 1,59$ et $1,57$ respectivement). La valeur de l'indice de Simpson la plus élevée est de 0,76 à Cirheme et Kashukabawara. En général, les sites prospectés ont des faibles indices de diversité comme le montre la **Figure 10** ci-haut. Cette observation a aussi été constatée par [19] dans les rivières tributaires d'Agusan au Philippines. Certains sites prospectés sont caractérisés par une richesse spécifique et une diversité malacologique importante suite à leurs caractéristiques particulières. Ceci a aussi été observé par [42] dans une rivière Belge en rapport avec la diversité des substrats pour les macro-invertébrés en général. L'abondance des mollusques récoltés dans chaque site durant la période de prélèvement est présentée dans la **Figure 11** ci-dessous.

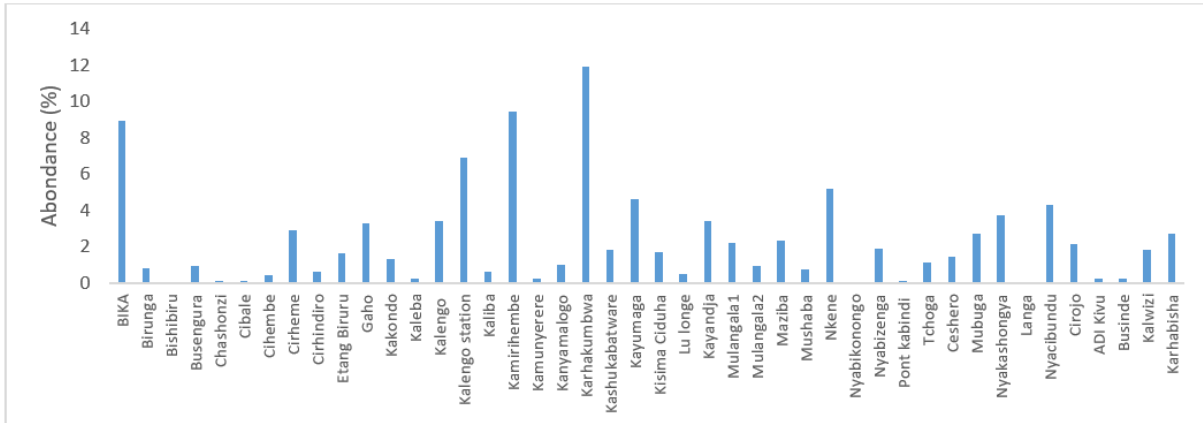


Figure 11 : Abondance des mollusques en fonction des sites de prélèvement dans les groupements de Bugorhe et Irhambi / Katana

L'abondance élevée des mollusques a été trouvée dans le site Karhakumbwa (11.9) et nulle dans les sites Bishibiru, Nyabikonongo et Langa due aux facteurs biologique, physique et chimiques rencontrés dans chaque site. Le nombre de sites contenant les espèces des mollusques est repris dans la **Figure 12** ci-dessous.

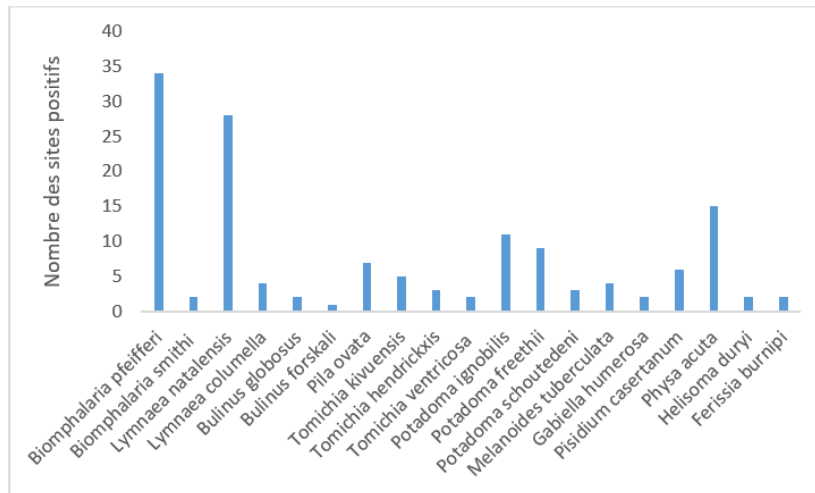


Figure 12 : Nombre de sites à mollusque dans les groupements de Bugorhe et d'Irhambi / Katana

Les espèces *Biomphalaria pfeifferi* et *Lymnaea natalensis* sont largement distribués dans les groupements de Bugorhe et d'Irhambi Katana. En effet, les deux espèces sont toujours en association dans les sites comme on l'avait aussi constaté dans nos travaux antérieurs [10]. La colonisation des divers sites par l'espèce *Physa acuta* est actuellement en progression dans cette région. Ce mollusque a été récemment récolté dans notre milieu d'étude [7] et s'est vite implantée dans plusieurs sites. Certaines espèces sont rares et localisées dans des sites sélectifs.

4. Conclusion

Notre étude s'est fixée pour objectif de cartographier la distribution des mollusques et le risque potentiel de transmission active de la schistosomiase dans deux groupements du Sud-Kivu, RD Congo. Sur 54 sites prospectés, 44 sites contiennent au moins un mollusque. Parmi les 19 espèces récoltées dans les groupements de Bugorhe et Irhambi / Katana, 8 espèces sont reconnues comme hôtes intermédiaires des trématodes humains et animaux. Parmi ces espèces, *Biomphalaria pfeifferi*, *Biomphalaria smithii*, *Physa acuta*, *Bulinus globosus*, *Bulinus forskalii* et *Ferrisia burnipii* sont des hôtes intermédiaires de la schistosomiase et *Lymnaea natalensis* et *Lymnaea columella* sont des hôtes intermédiaires de Fasciolose. *Biomphalaria pfeifferi* est l'espèce largement distribuée dans le milieu. La richesse spécifique des mollusques aquatiques dans la région varie considérablement d'un site à l'autre. Elle est plus élevée (6) dans certains sites (Tchoga, Kalwizi, Kisima Ciduha) et faible (1) dans les autres sites (Chashonzi, Langa, Nyabinkonongo, Lulonga, Kaleba, Bishibiru). En rapport avec la densité des mollusques sur les 44 sites prospectés, 20 sites ont une forte densité (plus de 50 mollusques/10 minutes de récolte), 13 une densité moyenne (11 à 49 mollusques) et 11 une densité faible (< à 10 mollusques). L'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') est très faible, toujours compris entre 0 et 2 dans l'ensemble des stations étudiées et l'indice de Simpson entre 0 et 0,76. Les conditions favorables à la prolifération et à la survie des espèces des mollusques sont respectivement un éclaircissement minimal (couverture végétale minimale à nulle), une végétation aquatique abondante en décomposition, un courant minimal, un fond sablonneux ou vaseux, une température modérée (< 18 °C) et un pH compris entre 6 - 8. Il est donc nécessaire d'entreprendre des études pour évaluer l'infestation de ces mollusques par les trématodes et de surveiller l'évolution des populations de ces espèces dans les deux groupements du Sud-Kivu, Est de la République Démocratique du Congo.

Remerciements

Nous remercions sincèrement tous les laborantins du laboratoire de Malacologie à l'occurrence Kipongo, Shaburhwa, Sangika, Bazibuhe, Barakomerwa pour la récolte des données malacologique dans les divers biotopes et A Mr Amani Mirindi pour le dépouillement des données lors de la réalisation de son Mémoire à L'UNIC50 de Lwiro et tous les chercheurs du Département de Biologie pour la collaboration.

Références

- [1] - D. S. BROWN, Freshwater snails of Africa and their medical importance (revised 2nd edn.), Taylor & Francis, London, (1994) 609 p.
- [2] - C. BLOND and P. Y. PASCO, *Elna*, 3 (2000) 12 p.
- [3] - A. MAQBOUL, R. AOUGDAD, M. FADLI and M. FEKHAOUI, *International Journal of Fisheries and Aquatic studies*, 2 (3) (2014) 18 - 22
- [4] - D. RONDELARD, Ph. VIGNOLES, G. DREYFUSS, C. VAREILLE-MOREL, F. XUEREB et C. d'APOSTOLOFF, *Annales Scientifiques du Limousin*, 11 (2000) 1 - 18
- [5] - R. K. ASSARE, Y-NT. TIAN-BI, P. K. YAO, N. A. N'GUESSAN, M. OUATTARA, A. YAPI, *PLoS Negl Trop Dis*, 10 (1) (2016)
- [6] - M. BAGALWA et B. BALUKU, Distribution des mollusques hôtes intermédiaires des schistosomoses humains à Katana, Sud - Kivu, Est du Zaïre. *Méd Trop.*, 57 (1997) 369 - 372
- [7] - C. BATUMIKE, M. BAGALWA, K. NDEGEYI, B. BALUKU and K. BAHIZIRE, *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 7 (1) (2014) 309 - 316
- [8] - M. BAGALWA, N. ZIRIRANE, C. BATUMIKE, B. BALUKU, M. MAJALIWA, N. MUSHAGALUSA and K. KARUME, *Journal of Biodiversity and Environmental sciences*, 9 (6) (2016) 1 - 12
- [9] - K. Y. BONY, K. F. KONAN, O. E. EDIA, N. C. KOUASSI, D. DIOMANDE and A. OUATTARA, *Journal of Applied Biosciences*, 71 (2013) 5742 - 5752
- [10] - M. BAGALWA et B. BALUKU, Distribution des mollusques hôtes intermédiaires des schistosomoses humains à Katana, Sud - Kivu, Est du Zaïre. *Méd Trop.*, 57 (1997) 369 - 372
- [11] - B. BALUKU, « Contribution à l'étude des hôtes intermédiaires des bilharzioses. Ecologie des mollusques dulcicoles dans deux cours d'eau du Zaïre Oriental ». *Thèse de Doctorat, ULB*, (1987) 487 p.
- [12] - K. NDEGEYI, B. BALUKU, M. BAGALWA, C. BATUMIKE, Etude de la reproduction de *Pila ovata* (Gasteropode, Pillidae) dans les étangs piscicoles du Projet BIKA, Est de la République Démocratique du Congo. *Annales de l'UEA*, (2014) 21 - 33
- [13] - T. C. FAVRE, M. A. FERNANDEZ, L. C. N. H. BECK, R. J. P. S. GUIMARÃES, O. S. PIERI and S. A. C. THIENGO, *Revista da Sociedade Brasileira de Medicina Tropical*, 49 (2) (2016) 252 - 257
- [14] - H. L. GOLTERMAN, R. S. CLYMO, M. A. M. and OHNSTAD, Methods for physical and chemical analysis of freshwaters. Ed. II, *Blackwell Scientific publ.*, (1978) 213 p.
- [15] - APHA, Standard method for the examination of water and waste water. *Amer. Pub. Health Assoc, Washington, D. C.* 17th, (2005) 1452 p.
- [16] - R. G. WETZEL and G. E. LIKENS, *Limnological analysis*. Springer, (2001) 429 p.
- [17] - B. SELLIN et F. SIMONKOVICHE. Doc. Tech. OCCGEN, N° 6337 (1977)
- [18] - S. FRONTIER, In S. Frontier. Paris, Masson-Presses de l'université Laval, (1983) 416 - 436
- [19] - J. T. CUADRADO and L. B. CALAGUI. *J. Bio. Env. Sci.*, 10 (3) (2017) 25 - 34
- [20] - E. MARCON, Mesures de la Biodiversité. Master, Kourou, France, (2015) 284 p.
- [21] - A. O. OMONIJO, S. O. ASAOLU and I. E. OFOEZIE. *International Journal of Pure and Applied Zoology*, 4 (1) (2016) 77 - 84

- [22] - A. AMINOT, Centre National de l'exploitation des océans, (1983) 39 - 75
- [23] - G. CROSNIER, *Cah. ORSTOM*, 133 (1964)
- [24] - N. GROGA, « Structure, fonctionnement et dynamique du phytoplancton dans le lac de Taabo (Côte d'Ivoire) ». Thèse de Doctorat, Université de Toulouse, (2012) 224 p.
- [25] - M. BAGALWA, J. G. M. MAJALIWA, F. KANSIIME, S. BASHWIRA, M. TENYWA and K. KARUME, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 9 (3) (2015) 1678 - 1690
- [26] - B. SANAA, Structure, dynamique et typologies physico-chimiques et phytoplanctoniques de l'estuaire du Bou Regreg (côte atlantique marocaine). Université Mohammed V - Agdal, *Faculté des sciences*, 233 p.
- [27] - S. D. DIBONG et G. P. NDJOUONDO, *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 8 (6) (2014) 2560 - 2577
- [28] - B. BALUKU, G. JOSENS et M. LOREAU. *Revue Zool., Afr*, 101 (1987) 272 - 282
- [29] - M. A. ODEI, *Bulletin de l'institut français d'Afrique noir*, série A, 35 (1973) 57 - 66
- [30] - Ch. LEVEQUE, *Cah. O.R.S.T.O.M.*, sér. Hydrobiol., 6 (1) (1972) 3 - 46
- [31] - K. FAOUZI, Y. RHARRABTI, A. BOUKROUTE, H. MAHYOU et A. BERRICHI, *Revue Nature & Technologie, C-Science de l'Environnement*, 12 (2015) 16 - 24
- [32] - F. BIORET, « Colloque International sur la Cartographie pour la Gestion des Espaces Naturels » Saint-Etienne, France, (1995)
- [33] - A. EI ABOUDI, M. F. SMIEJ, M. LAYELMAM et B. LACAZE B., « XI^{èmes} Journées Scientifiques du Réseau Télédétection de l'AUF, Antananarivo, Madagascar, (2008)
- [34] - M. AOURAGH, L. EI MAHDAD, A. EI MOUSADIK, F. MSANDA, C. DEFAA et A. EI ABOUDI, Congrès International de l'Arganier, Agadir, Maroc, (2013)
- [35] - J. N. PODA, B. SELLIN, L. SAWADOGO et S. SANAGO, Bulletin de liaison de l'organisation de coordination et coopération pour la lutte contre les grandes endémies, 101 (1994) 32 p.
- [36] - M. BAGALWA, J. G. M. MAJALIWA, N. MUSHAGALUSA et K. KARUME, *Journal of Environment Science and Engineering B 2*, (2013) 460 - 472
- [37] - A. BERTRAND, *Technical Report*, (2009) 16 p. DOI: 10.13140/RG.2.2.10054.88640
- [38] - B. DIDIER, « Contribution à l'étude écologique et écophysiological d'un mollusque prédateur *Zonitoides nitidus* Muller ». Thèse Doct. Univ. Limoges, *Sci. Nat.*, 4 (1986) 179 p.
- [39] - T. D. BRACKENBURG and C. C. APPLETON, *J. Med. Appl. Malacol.*, 5 (1993) 39 - 44
- [40] - N. SIMBOURA and A. ZENETOS. *Mediterranean Marine Science*, 3 (2) (2002) 77 - 111
- [41] - J. MOISAN et L. PELLETIER, Direction du suivi de l'état de l'environnement, ministère du Développement durable, de l'Environnement et des Parcs, (2008) 86 p.
- [42] - M. EVRARD et J. C. MICHA, *Annls Limnol.*, 31 (2) (1985) 93 - 103