

**UNIVERSITE DE KISANGANI  
FACULTE DES SCIENCES**

**DEPARTEMENT D'ÉCOLOGIE ET  
CONSERVATION DE LA NATURE**

**CONTRIBUTION A L'ÉVALUATION DES INDICES BIOLOGIQUES  
(BASES SUR LES MACROINVERTEBRES AQUATIQUES) DANS  
LA DÉTERMINATION DE LA QUALITÉ BIOLOGIQUE DES EAUX  
DES RUISSEAUX DE KISANGANI :  
CAS DES RUISSEAUX KAMUNDELE ET MASANGAMABE**

PAR

**Jean Roger AKEYE NGONZO**

**MEMOIRE**

**PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION  
DE GRADE DE LICENCE EN SCIENCES  
OPTION : BIOLOGIE**

**ORIENTATION : PROTECTION DE LA FAUNE**

**DIRECTEUR : Pr. Dr ULYEL ALI PATHO**

**ENCADREUR : CT KANKONDA BUSANGA**

**ANNEE ACADEMIQUE 2001-2002**

*A ma mère Anny Mujing'*  
*A ma belle mère bien aimée Antoinette Akama*  
*A mon frère Jean Robert Akeye*  
*A ma fiancée Judith Mikwa*  
*A tous les Akeye et Mikwa*

*Je dédie ce travail*

---

«... sans moi vous ne pouvez rien faire. » *JESUS CHRISST*

Nos remerciements au Pr. Dr Ulyel Ali Patho. Pour avoir accepté de diriger ce travail malgré ses multiples occupations dans ces temps difficiles.

Nos remerciements au C.T. Kankonda, ainsi que sa famille, pour sa disponibilité remarquable à nous encadrer dès le début de ce travail.

Nous remercions de tout notre cœur tous les enseignants de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani en général, ceux d'Ecologie et conservation de la Nature, et de la Protection de faune en particulier ; nous citons notamment le Pr. Dr Dudu, le Pr. Dr Upoki, le Pr. Dr Mathe les C.T. Katuala, Juakaly, Bola et Mulotwa.

Nous remercions tous les Pasteurs : Zongia, Kasonga, Molanga, Mbula, Lombale, N'selenge, Manongela, Kalala et Malonda, à travers eux tous les frères et sœurs du C.E.F. Bénédiction de Dieu.

Nous exprimons notre gratitude aux familles : Akeye, Mikwa, Kandolo, Yobo, Kusumba, Etikum, Yuma, Bulaya, Mulumba, Tshimanga, Nzevu, Mosimba, Tembeni, Yav, Motembo, Amuri, Assani, Zongia, Geregbo, Mbaya, Malemba, Draso, Hery, Ramazani, Panzamay, Itolo, Kalume, Masimo, Kidicho, Kalokola, Manongela, Kabamba, Losombe, Alworonga, Adebu et Luvuezo.

Nous remercions aussi nos camarades de L2 ECN : Bola, Mutombo Paluku I, Paluku W, Bakondangama, Bolakonga, Angoyo, Amisi, Benoni, Mungwanangu, Kapuku, Mutoro, Murhabale, Molimozi, Lusuna et Mangambu.

Que tous ceux qui n'ont pas trouvé leur nom sur ce papier, sachent qu'ils ont toujours une place de choix dans notre cœur.

*Jean Roger AKEYE NGONZO*

---

---

Le présent travail a porté sur l'évaluation de certains indices biotiques dans la détermination de la qualité biologique des ruisseaux de Kisangani. Pour ce faire, deux ruisseaux ont été prospectés : Kamundele, exposé aux intenses activités humaines et Masangamabe qui en subit moins.

Au total 4283 spécimens de macroinvertébrés ont été capturés au filet Surber dont :

- A Kamundele : 1616 spécimens appartenant à 12 ordres et 30 familles. La famille des Atyidae est dominante avec 417 individus.
- A Masangamabe : 2667 spécimens repartis en 12 ordres et 32 familles. Ici aussi, les Atyidae étaient les plus nombreux avec 1384 individus.

Les indices évalués sont : N (nombre d'individus), BMWP (Biological Monitoring Working Party), ASPT (Average Score Per Taxon), OQR (Overall Quality Rating), IB (Indice Biotique), d (indice de Margaleff) et H' (indice de Shannon-Weaner) et S (nombre de familles). Des indices énumérés, seuls le BMWP et le d présentent des valeurs discriminant nettement les deux ruisseaux respectivement :

- BMWP :  $19,6 \leq \text{BMWP} \leq 26,5$  pour Kamundele  
 $28,1 \leq \text{BMWP} \leq 41,5$  pour Masangamabe et
- d  $0,78 \leq d \leq 1,5$  pour Kamundele  
 $1,66 \leq d \leq 2,1$  pour Masangamabe

Cependant, l'ensemble des indices semble montrer la même tendance malgré quelques exceptions.

The present study deals with an evaluation of some biotic indices in determination of biological quality of Kisangani streams. Two streams were prospected : Kamundele which is exposed to intense human activities and Masangamabe which supports weak anthropogenic activities.

A total of 4283 specimens of Macroinvertebrates were captured by a Surber net. That inventory revealed that :

- in Kamundele stream : 1616 specimens belonging in 12 orders and 30 families were recorded. The family of Atyidae was dominant with 417 individuals
- in Masangamabe stream : 2667 specimens belonging in 12 orders and 32 families were captured. Atyidae family are dominant too with 1384 individuals .

Indices which was evaluated are : N ( number of individuals), S (number of families), BMWP( Biological Monitoring Working Party), ASPT ( Average Score Per Taxon), OQR ( Overall Quality Rating), IB ( Biotic Indice), d ( indice of Margaleff), H' ( indice of Shannon-Waener).

Among those indices, only BMWP and d presented values which discriminate the two streams respectively :

- BMWP :  $19,6 \leq \text{BMWP} \leq 26,5$  for Kamundele  
 $28,1 \leq \text{BMWP} \leq 41,5$  for Masangamabe and
- d  $0,78 \leq d \leq 1,5$  for Kamundele  
 $1,66 \leq d \leq 2,1$  for Masangamabe

However, all those indices seem to show the same trend ; in spite of some exceptions.

---

CHAPITRE PREMIER  
INTRODUCTION

---

### I.1. GENERALITES

L'étude de la pollution aquatique et de l'évaluation de la qualité de l'eau des écosystèmes aquatiques constitue un des thèmes majeurs de l'Agenda 21 (Agenda 21, chap.18) : ensemble des priorités environnementales du 21<sup>ème</sup> siècle telles que retenues au sommet de Rio de Janeiro ; le chapitre 18 concernant l'eau douce est intitulé : protection de la qualité de l'eau des ressources d'eau douce ; car l'eau douce est importante et cruciale pour la survie de tous les êtres vivants. Elle est encore plus importante pour l'homme pour la production de nourriture, le développement de l'industrie, la production d'énergie et les besoins culturels (Gopal et Wetzel, 1995).

Nos ressources aquatiques étant peu étudiées et donc peu connues, sont exclues de toute leur utilisation rationnelle.

Les eaux continentales sont colonisées par différentes espèces floristiques et faunistiques allant des unicellulaires aux pluricellulaires : les bactéries, les microphytes, les macrophytes, les invertébrés et les vertébrés.

Les invertébrés sont subdivisés en 2 grands groupes : les microinvertébrés et les macroinvertébrés. Les premiers sont ceux dont la taille dépasse rarement le millimètre. Les seconds sont plus grands.

Pour tester la fiabilité des indices retenus dans l'évaluation de la qualité des cours d'eau étudiés, nous nous sommes basés sur les macroinvertébrés. Ces derniers sont des invertébrés dont la taille (en fin du développement larvaire ou au stade imaginal) est rarement inférieure au millimètre (Tachet et al, 1980).

D'une manière générale, la contamination d'un plan d'eau quelle qu'en soit la nature, se traduit par deux phénomènes très caractéristiques : la disparition d'un nombre plus ou moins grand d'espèces de la biocénose et l'apparition, dans certains cas, d'espèces nouvelles. Le premier phénomène correspond à une diminution du nombre des espèces et le second à la prolifération d'un nombre d'espèces adaptées à la nature de la pollution.

Pour déterminer l'état de l'eau, plusieurs méthodes peuvent être utilisées : les méthodes physico-chimiques et les méthodes biologiques. C'est ces dernières qui nous intéressent plus dans ce travail

En effet, les analyses biologiques se basent sur la constatation expérimentale suivante : à un milieu non pollué correspond généralement une diversité maximum des espèces et plus le milieu s'éloigne de son état naturel, plus le nombre d'espèces diminue (Ghetti et Bonazzi 1977, Crossland 1979).

Les différentes méthodes utilisées dans ce cadre-ci sont basées sur la présence ou l'absence des taxons du zoomacrobenθος. Nous avons choisi d'utiliser les méthodes suivantes pour ce travail :

---

- 
- L'Indice biotique : il s'évalue sur des échantillons du zoomacrobenθος ou du périphyton (De Pauw et Vanhooren, 1983).
  - Le BMWP, Biological Monitoring Working Party (et des indices dérivés) fondé sur les données qualitatives suivant la présence ou l'absence d'une famille du zoomacrobenθος (Mason, 1991)
  - L'indice de diversité de Shannon – Weaner : il tient compte non seulement de la présence du taxon mais aussi de son abondance relative. Il donne des valeurs similaires quand on se place à divers niveaux taxinomiques de rang croissant (espèce, genre, tribu, famille, etc.) dans l'analyse quantitative d'une biocénose (Ramade et al, 1984).
  - L'indice de Margaleff : il prend en compte le nombre de taxons (ici de famille) et le nombre d'individus pour la station considérée (Winterbourn, 1980).

Ces analyses ont été effectuées au ruisseau Kamundele, exposé aux fortes activités humaines et au ruisseau Masangamabe qui en subit moins.

## 1.2. TRAVAUX ANTERIEURS

Peu de travaux de recherche ont été menés dans ce domaine dans notre pays en général et à Kisangani en particulier. Avec l'installation de la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani, quelques travaux sur l'utilisation des macroinvertébrés comme bioindicateurs de la pollution d'eau ont déjà été effectués dans le cadre de travail de fin de cycle, de mémoire, de Diplôme d'Etudes Supérieures ou certaines publications. Nous citons notamment : Mateso (1989), Tshikaya (1989), Kabwe (1997), Mbiye (1997), Kankonda (2001), Kankonda et al (2003).

## 1.3. BUT ET INTERET DU TRAVAIL

### 1.3.1. But :

ce travail a pour but :

- l'évaluation de certains indices biologiques dans la détermination de la qualité des eaux de ruisseaux de Kisangani ;
- la connaissance de l'état de pollution de ruisseaux prospectés.

### 1.3.2. Intérêt :

Ce travail a un double intérêt :

- la contribution à la connaissance de la faune aquatique de la R.D.C. en général et de Kisangani, en particulier ;
  - il permet de sélectionner les méthodes d'évaluation biologique de la qualité des cours d'eau adaptables à Kisangani et en République Démocratique du Congo
-

#### 1.4. HYPOTHESE DE TRAVAIL

Les valeurs des indices seraient moins élevées à Kamundele vue l'intense activité anthropique qu'il subit et plus élevées à Masangamabe où la pression humaine est plus faible.

#### 1.5. MILIEU D'ETUDE

##### 1.5.1. Situation et Climat

Dans l'ensemble, la ville de Kisangani est située dans la partie Nord-Est de la République Démocratique du Congo (R.D.C.), dans la cuvette congolaise, à 0°31'Nord – 25°11' Est, à une altitude moyenne de 396 m. (Bultot, 1954)

Sa situation lui confère un climat équatorial de type continental appartenant, selon la classification de KÖPPEN, au groupe AF des climats tropicaux humides à température moyenne du mois le plus froid égale à 18°C. La hauteur moyenne des pluies du mois le plus sec est supérieure à 60 mm et l'amplitude thermique inférieure à 5°C. Les pluies y sont généralement abondantes, bien que l'on observe une baisse de décembre à février et de juin à août faisant apparaître 2 petites saisons relativement sèches. (Nyakabwa, 1982)

Les moyennes mensuelles de températures et des précipitations recueillies pendant notre période d'étude sont reprise dans la figure 1.

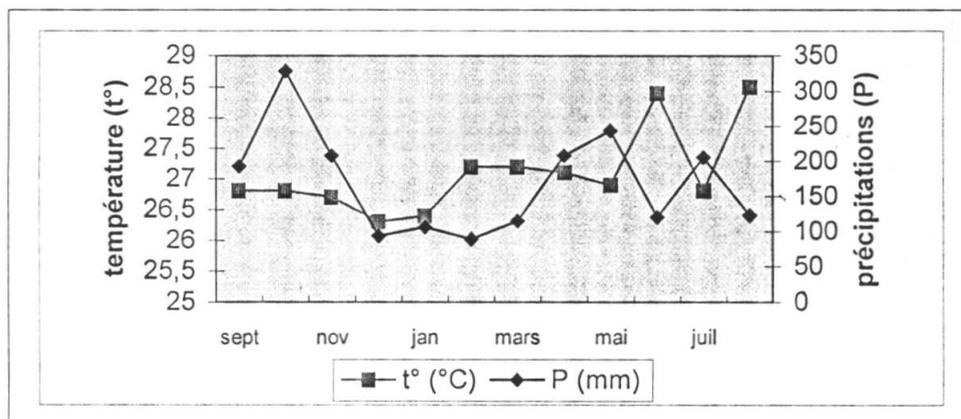


Figure1 : moyennes mensuelles de température et des précipitations (septembre 2000 à août 2001).

Source : station de Masako.

Les précipitations mensuelles les plus hautes sont observées aux mois d'octobre(328 mm) et de mai (244,9 mm). Le mois le plus sec est le mois de février avec 88,1 mm.

Les moyennes de température ont peu varié au cours de cette période. La moyenne la plus élevée est observée au mois d'août 2001 avec 28,5°C et la moyenne la plus basse au mois de décembre avec 26,3°C.

---

### I.5.2. Description des stations de récolte.

#### I.5.2.1. Choix des ruisseaux

Les ruisseaux ont été choisis en fonction des activités anthropiques qui se déroulent dans leurs environs directs. Le ruisseau Kamundele qui se trouve à proximité de la ville subit une forte activité humaine par contre le ruisseau Masangamabe qui se trouve en forêt en subit moins. Les deux ruisseaux choisis sont des ruisseaux d'ordre 2.

#### I.5.2.2. Ruisseau Kamundele (figure 2)

Ce ruisseau est un affluent de la rivière Tshopo et se situe à 4 km du centre ville sur l'ancienne route de Buta. Il subit plusieurs activités anthropiques : agriculture, recherche de sable et de gravier, pêche, riziculture inondée, presse d'huile de palme, lessive, baignade, élevage, etc.

Les stations de récolte ont été choisies non seulement à cause des activités ci-haut citées, mais, aussi, en tenant compte de leur distance par rapport à la source pour qu'il y ait la représentativité de différents milieux (cours supérieur, cours moyen et cours inférieur). Ainsi, quatre stations ont été visitées.

##### A. Station 1 (K<sub>1</sub>)

La station K<sub>1</sub> est située sur l'ancienne route de Buta, en aval du pont "Tunnel". L'eau est claire à ce niveau, le fond est gravelo – sableux, couvert des feuilles mortes. La végétation riveraine est constituée par une ceinture arborescente dominée par *Musanga cecropioides* (Moraceae) et *Funtumia africana* (Apocynaceae), une ceinture arbustive de *Thomandersia hensii* (Acanthaceae), *Alchornea cordifolia* (Euphorbiaceae) et *Triumfeta cordifolia* (Tiliaceae), la ceinture herbeuse est dominée par *Lersia hexandra* (Poaceae). La station est couverte à 80%.

Le milieu est souvent perturbé par les barrières érigées pour la pêche par écopage.

##### B. Station 2 (K<sub>2</sub>)

Cette station est située au niveau de "Scolasticat : Père DHEON". Le fond est sableux parsemé de graviers. L'eau y est brunâtre. La station est exposée au rayonnement du soleil à 100%. La végétation, à ce niveau, est dominée par : *Mitragyna stipulosa* (Rubiaceae), *Alchornea cordifolia* (Euphorbiaceae), *Panicum maximum* (Poaceae), *Commelina diffusa* (Commelinaceae), *Lersia hexandra* (Poaceae), *Nephrolepsis bisserata* (Nephrolepidiaceae), *Impatiens niamniamensis* (Balsaminaceae) et *Afromomum laurentii* (Zingiberaceae).

On remarque la présence de champs de riz irrigué, d'ananas, une presse d'huile de palme. Elle reçoit aussi les déjections de la porcherie du Scolasticat, située en amont immédiat de la station.

---

---

### C. Station 3 (K<sub>3</sub>)

Elle est située en amont de la station 2 sur la branche 1 du ruisseau. L'eau est brunâtre. Le fond est vaseux avec du gravier mélangé à du sable. La station est couverte à 90% par une végétation dominée par : *Pychnathus marchalianus* (Myristicaceae), *Cleistopholis patens* (Annonaceae), *Rauwolfia vomitoria* (Apocynaceae), *Vernonia conferta* (Asteraceae), *Tabernaemontana crassa* (Apocynaceae).

La station subit une forte pression due à l'exploitation des gravières et sablières dans son environnement immédiat mais aussi une perturbation par la présence des barrières érigées pour la pêche.

### D. Station 4 (K<sub>4</sub>)

Elle est située sur la branche 2 ou ruisseau KambaKamba qui est un affluent du ruisseau Kamundele, en amont de la station K<sub>2</sub>. Le fond est constitué de gravier couvert de boue. L'eau est claire. La végétation est caractérisée par les espèces *Mitragyna stipulosa* (Rubiaceae), *Alchornea cordifolia* (Euphorbiaceae), *Elaeis guinensis* (Arecaceae), *Cyperus iva* et *Cyperus auricomus* (Cyperaceae), *Selaginella myosurus* (Selaginellaceae) et *Lycopodium cernuum* (Lycopodiaceae).

Il y a, en ce lieu, une forte activité de lessive et de baignade de la part des agriculteurs.

### I.5.2.3. Ruisseau Masangamabe (figure 3)

Ce ruisseau est situé dans la Réserve Forestière de Masako.

Cette réserve se situe à 14 km de la ville de Kisangani sur l'ancienne route de Buta, en direction Nord. Ses coordonnées géographiques sont 0° 36' latitude Nord et 25° 16' longitude Est (Ifuta, 1998). La réserve est donc située dans la localité de Batiabongane, une entité administrative de la collectivité de Lubuyabera.

Elle est une propriété du Département des Affaires Foncières, Environnement et Conservation de la Nature, créée par ordonnance-loi n° 52/378 du 21-11-1958. (Mambangula, 1988).

Elle a une superficie de 2.105 ha dont le 1/3 est occupé par la forêt primaire au Nord-Est et au moins les 2/3 par la forêt secondaire au Nord-Ouest. Le reste de la réserve au Sud-Est est occupé par la jachère et les cultures.

Son réseau hydrographique comprend 13 ruisseaux dont : Magima, Masangamabe, Ngene-Ngene, Amandje et Masako. (Kahindo, 1988)

Une Station d'Ecologie Tropicale (SETM) y est installée par la Faculté des Sciences de l'Université de Kisangani en vue de connaître le fonctionnement d'un écosystème forestier de Kisangani

---

---

On rencontre dans ses environs une activité humaine dominée par l'agriculture, la pêche, le rouissage de manioc, la fabrication de charbon de bois, la coupe de bois de chauffe,...

Ici aussi, quatre stations ont été choisies pour que les différents milieux (cours supérieur, cours moyen et cours inférieur) soient représentés.

A. Station 1 (M<sub>1</sub>)

Cette station est située en aval du ruisseau aux environs de la confluence avec la rivière Tshopo. La station est ouverte, le fond est sablo-graveleux couvert d'un peu de boue et de débris végétaux et l'eau y est claire.

La végétation est dominée par les espèces *Haumania leonardiana*, *Thaumatococcus daniellii*, *Trachypthyrium braunianum* (Marantaceae), *Oliva sp* (Poaceae), *Afromomum laurentii* (Zingiberaceae) et *Elaeis guinensis* (Arecaceae).

B. Station 2 (M<sub>2</sub>)

Elle est située dans le cours moyen du ruisseau. Elle est un peu ombragée. Le fond est graveleux-sabloneux, couvert de feuilles mortes. On y trouve aussi des cailloux et des pierres, l'eau y est claire.

La végétation est dominée par les espèces *Trema guineensis* (Ulmaceae), *Harungama madagascariensis* (Hypericaceae), *Diospyros sp* (Ebenaceae), *Gilbertiodendron dewevrei* (Ceaselpiniaceae), *Lannea welwitschii* (Anacardiaceae).

C. Station 3 (M<sub>3</sub>)

La station est située en amont du ruisseau Masangamabe sur la branche appelée Amakasampoko qui croise avec la branche appelée Mayichumvi pour donner le ruisseau Masangamabe. Le fond est graveleux-sabloneux et couvert de feuilles mortes. L'eau est claire.

A ce niveau, le ruisseau traverse une plantation homogène abandonnée de *Hevea brasiliensis* (Euphorbiaceae) qui constitue la strate supérieure. On y trouve aussi *Haumania leonardiana* (Marantaceae), *Tristema incompletum* (Melastomataceae), *Barteria nigrifolia* (Flacourtiaceae), *Manniophytum fulvum* (Euphorbiaceae), *Culcasia scandens* et *Culcasia yangambiensis* (Aracaceae)

D. Station 4 (M<sub>4</sub>)

Elle se localise en amont du ruisseau sur la branche Mayichumvi (branche 2). Le fond est graveleux-sabloneux, couvert de feuilles mortes. L'eau est claire.

La flore à cette station est caractérisée par les espèces suivantes : *Hevea brasiliensis* (Euphorbiaceae), *Staudtia gabonensis* (Myristicaceae), *Irvingia grandifolia* (Irvingiaceae), *Funtumia africana* (Apocinaceae), *Trachypthyrium braunianum* et *Thaumatococcus daniellii* (Maranthaceae), *Cola bruneli*, *Cola congolana* et *Cola digitata* (Stercouliaceae), *Costus afer* (Costaceae) et *Afromomum laurentii* (Zingiberaceae)

---

CHAPITRE DEUXIEME

MATERIEL ET METHODES

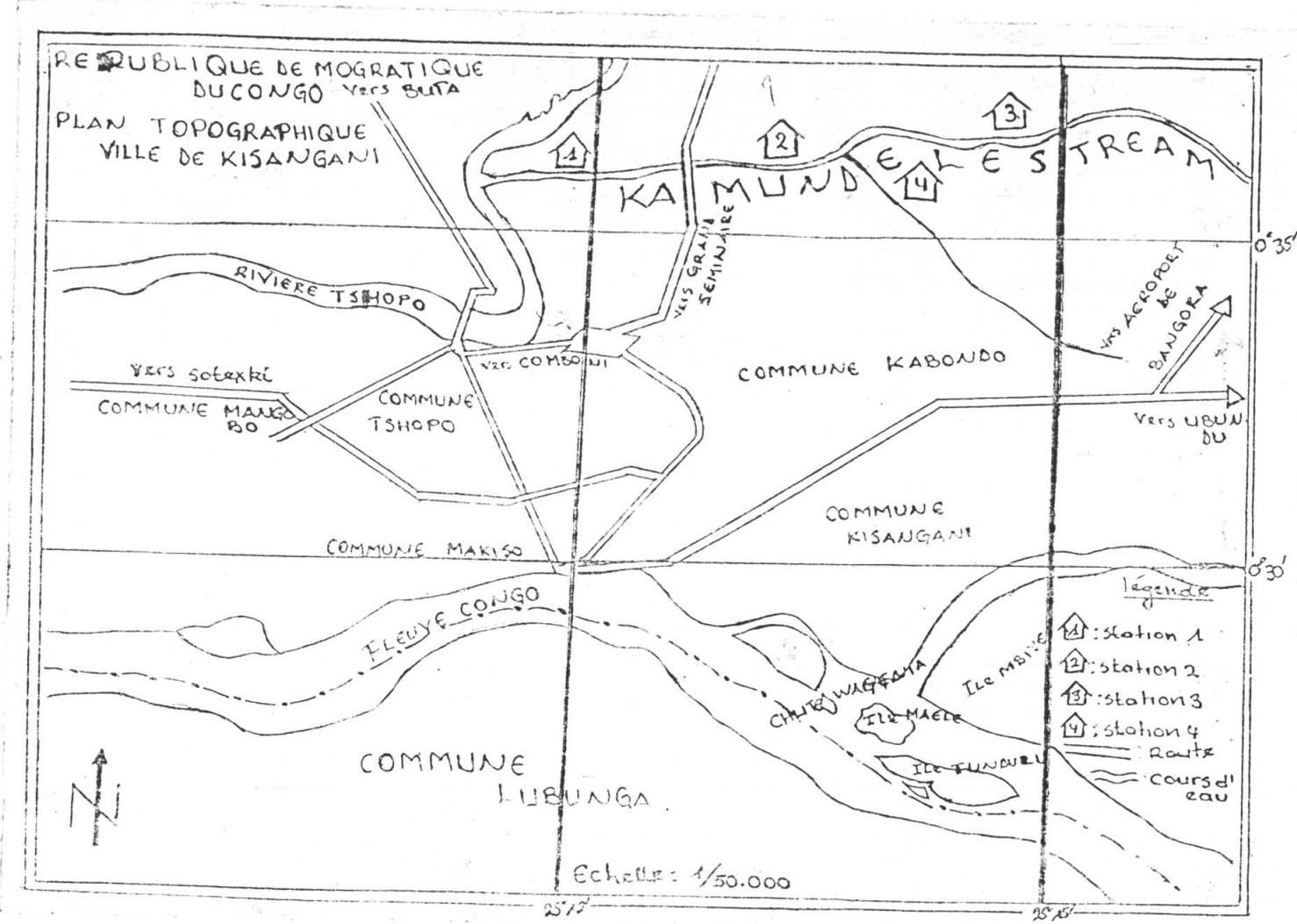


Figure 2. Russeau Kamunde avec les stations de recolte

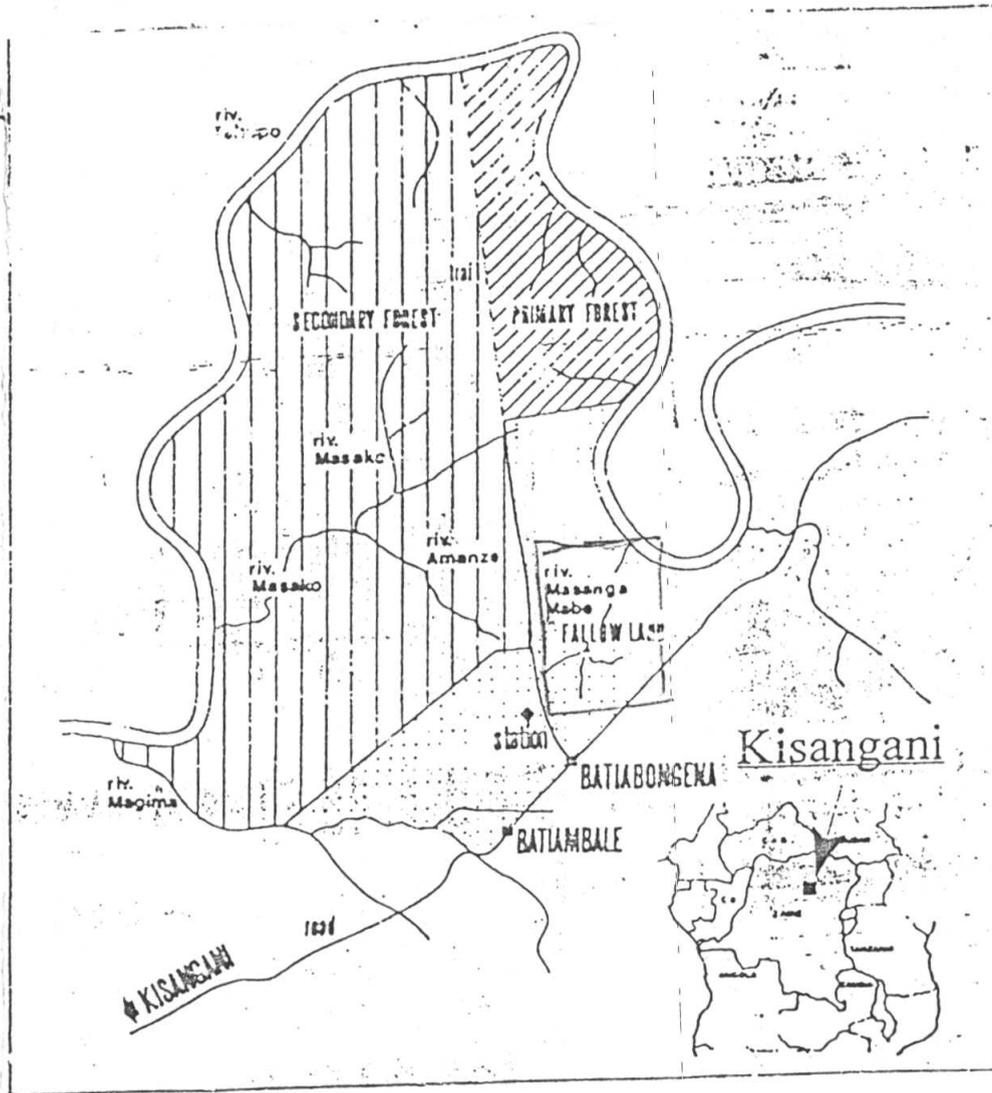


Figure 3a . Station d'Ecologie Tropicale de Masako et son réseau hydrographique

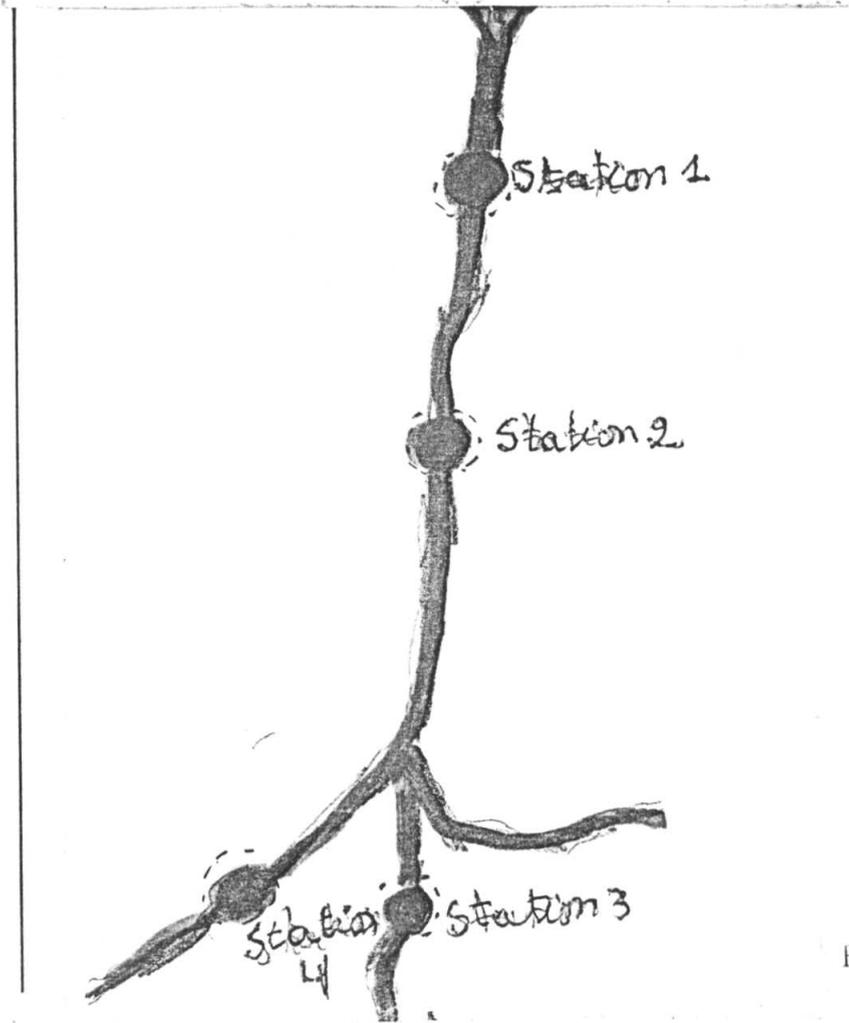


Figure 3b. Ruisseau Masangamabe avec les stations de récolte

## II.1. MATÉRIEL

Le matériel de ce travail est constitué de 96 échantillons du zoomacrobenθος récoltés au cours de vingt quatre sorties sur le terrain de septembre 2000 à août 2001.

## II.2. MÉTHODES

### II.2.1. Paramètres physico-chimiques

Nous avons mesuré la température, la vitesse, le pH, la conductivité, la largeur et la profondeur de l'eau.

a. la Température

Elle a été prise à l'aide d'un thermomètre à mercure gradué de  $-10^{\circ}\text{C}$  à  $100^{\circ}\text{C}$ .

b. Le pH

Le pH a été prélevé avec un pH-mètre de marque C. Q.838 SCHOTTGERATE.

c. La conductivité

Pour prélever ce paramètre, nous avons utilisé un conductivimètre de marque LEITFÄHIGKEIT.

d. La vitesse

Elle était prélevée par la méthode de flotteur avec un décimètre et un chronomètre.

e. La largeur et la profondeur

La largeur était prise avec un décimètre et la profondeur à l'aide d'une latte graduée, à chaque 10 cm sur cette largeur.

### II.2.2. Récolte et identification des macroinvertébrés.

a. Récolte :

Elle a été faite à l'aide du filet SURBER de 0,5 mm de diamètre de maille, de 33 cm de côté du carré horizontal et de 55 cm de profondeur

Le carré horizontal est posé au fond du ruisseau, et sa surface est raclée avec la main. Les macroinvertébrés s'y trouvant, sont ainsi entraînés par le courant d'eau dans le filet.

Le contenu du filet est, à chaque fois, versé dans un bac en plastique et, à l'aide d'une paire de pinces entomologiques, les macroinvertébrés sont triés et conservés dans des flacons contenant du formol à 4%, numérotés selon le mois et la station. Ces échantillons sont ensuite ramenés au laboratoire pour l'identification.

---

### b. Identification

Les éléments du zoomacrobenθος ont été identifiés grâce à la loupe binoculaire de marque LEICA WILD HEERBRUGG de grossissement x 6 jusqu'à x 50.

Leur identification a été faite jusqu'au niveau des familles grâce aux clés de détermination des ouvrages de : Villiers (1943), Brown (1980), Tachet et al (1980), Durand et Leveque (1981), Richoux (1982), Scholtz et Holm (1985), Cranston et al (1986), Dethier et al (1986), Savage (1989), Vergond et al (1993), Macan (1994), Edington et Hildrew (1995).

### II.2.3. Indices biologiques

#### A. Méthode belge d'indice biotique (IB.)

La faune (macroinvertébrés) récoltée est confrontée aux indications d'un tableau standard (tableau 1) où les unités systématiques (familles) sont numérotées selon leur sensibilité à la pollution permettant de définir directement la qualité biologique de la station considérée.

Tableau 1 : Tableau standard de la détermination de l'indice biotique modifié de DE PAUW et VANHOOREN (1983)

Groupe faunistique	II		III Nombre total de familles présentes				
			0-1	2-5	6-10	11-15	16 et +
Plécoptères ou Heptageniidae	1	+ d'une famille	-	7	8	9	10
	2	1 seule famille	5	6	7	8	9
Trichoptères à fourreaux	1	+ d'une famille	-	6	7	8	9
	2	1 seule famille	5	5	6	7	8
Ephéméroptères sauf Heptageniidae	1	+ d'une famille	-	5	6	7	8
	2	1 seule famille	3	4	5	6	7
Odonates, Mollusques sauf Sphaeridae	0	Toutes les familles ci-dessus absentes	3	4	5	6	7
Hirudinés, Sphaeridae, Hétéroptères	0	Toutes les familles ci-dessus absentes	2	3	4	5	-
Tubificidae, Chironomidae	0	Toutes les familles ci-dessus absentes	1	2	3	-	-
Syrphydae	0	Toutes les familles ci-dessus absentes	-	1	1	-	-

#### B. Méthode anglaise de BMWP

L'indice «BMWP» (Biological Monitoring Working Party) est mesuré ainsi que ses indices dérivés : «ASPT» (Average Score Per Taxon), «OQR» (Overall Quality Rating) (Mason, 1991).

L'indice consiste à identifier les organismes jusqu'au niveau des familles. On se réfère ensuite au tableau standard (Tableau 2) qui rassemble des groupes de familles correspondant chacun à une certaine performance (score) allant de 10 à 1 (le score 9 n'existe pas) suivant leur sensibilité vis-à-vis de la pollution organique ; les plus sensibles ayant le score élevé et les plus tolérants ayant le score faible. L'indice biotique «BMWP» d'une station s'obtient en faisant la somme de différents scores trouvés

Tableau 2 : Tableau standard de détermination de l'indice BMWP score

ORDRE	FAMILLES	score
Ephéméroptères	Siphonuridae, Heptageniidae, Leptophlebiidae, Ephemerelidae, Potamanthidae	10
Plécoptères	Taeniopterygidae, Leuctridae, Capniidae, Periodidae, Perlidae, Chloroperlidae	
Hétéroptères	Aphélocheiridae	
Trichoptères	Phryganeidae, Molannidae, Beraeidae, Odontoceridae, Lepidostomatidae, Branchycentridae, Sericostomatidae, Goeridae	
Crustacés	Astacidae	8
Odonates	Lestidae, Agriidae, Gomphidae, Cordulegasteridae, Aeschnidae, Corduliidae, Libellulidae	
Trichoptères	Psychomyidae, Philopotamidae	
Ephéméroptères	Caenidae	7
Plecoptères	Nemouridae	
Tricoptères	Rhyacophilidae, Polycentropidae, Limnephilidae	
Gastéropodes	Néritidae, Viviparidae, Ancyliidae	6
Trichoptères	Hydroptilidae	
Pélécy-podes	Unionidae	
Crustacés	Corophilidae, Gammaridae	
Odonates	Platycnenidae, Coenagrionidae	5
Hétéroptères	Mesoveliidae, Hydrometridae, Gerridae, Nepidae, Naucoridae, Notonectidae, Pleidae, Corixidae	
Coléoptères	Haliplidae, Hygrobiidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Clambidae, Helodidae, Dryopidae, Emithidae, Chrystomelidae, Curculimidae	
Trichoptères	Hydropsychidae	
Diptères	Tipulidae, Simullidae	
Plathelminthes	Planriidae, Denchocoelidae,	
Ephéméroptères	Baetidae	4
Mégaloptères	Sialidae	
Hirudinés	Piscicolidae	3
Gastéropodes	Valvatidae, Hydrobiidae, Limnaeidae, Physidae, Planorbidae, Sphaeriidae	
Hirudinés	Glossiphoniidae, Hirudidae, Erpobdellidae	
Crustacés	Asellidae	
Diptères	Chironomidae	2
Oligochètes	Toute la classe	1

Source : Mason (1991)

En divisant l'indice «BMWP» obtenu par le nombre de familles indicatrices de la station, on obtient l'indice «ASPT» qui est un score moyen par taxon. Les «BMWP» et les «ASPT» sont enfin confrontés au tableau 2. On obtient ainsi les valeurs x et y.

Tableau 3 : Valeurs standards dérivées des scores «BMWP » et «ASPT »

BMWP Score	Valeur x	ASPT	Valeur y
151 +	7	6,0 +	7
121 – 150	6	5,5 – 5,9	6
91 – 120	5	5,1 – 5,4	5
61 – 90	4	4,6 – 5,0	4
31 – 60	3	3,6 – 4,5	3
15 – 30	2	2,6 – 3,5	2
0 - 14	1	0 – 2,5	1

Source : Mason (1991)

L'indice «OQR» est trouvé en faisant la moyenne de x et y.

C. Indice de MARGALEFF (d)

Cet indice est donné par la formule suivante :  $d = (S-1)/\ln N$

Où S : Le nombre de familles

N : Le nombre d'individus pour la station considérée

D. Indice de diversité de SHANNON-WEANER (H')

Le constat de départ est que les environnements montrent en règle générale une tendance à la diminution de la diversité des communautés qu'ils renferment par rapport aux biotopes analogues non contaminés.

Cet indice est donné par la formule suivante :  $H' = - \sum P_i \ln P_i$

Où :  $P_i$  : proportion de chaque famille dans l'ensemble de familles (=  $n_i/N$ )

$n_i$  : nombre total d'individus dans une famille

N : nombre d'individus dans un échantillon.

II.2.4. Calculs statistiques

A. La moyenne arithmétique (X)

Pour mesurer la tendance centrale des indices biologiques calculés mensuellement pour chaque station la moyenne est donnée par :

$$X = \frac{\sum x_i}{n}$$

Où n : nombre d'observations dans un échantillon

$\sum x_i$  : somme des valeurs observées

B. La déviation standard (écart-type) (SD)

Elle est donnée selon la formule :

$$SD = \sqrt{\frac{\sum (x_i - X)^2}{n-1}}$$

C. Le coefficient de variabilité : (CV)

Les indices utilisés impliquant différentes unités de mesure et de dimension, leur variabilité peut être comparée selon la formule :  $CV = (SD/X) \times 100$

Il exprime la déviation standard par unité de mesure comme pourcentage de la moyenne générale.

D. Coefficient de corrélation :

Il exprime la tendance des indices biologiques à être liés deux à deux ou à être liés avec certains paramètres. Il est donné par la formule :

$$r = \frac{1/n \sum (x_i - X_x)(y_i - Y_y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Où  $X_x$  et  $Y_y$  : Moyennes

$\sigma$  : Ecart type

---

CHAPITRE TROISIEME

RESULTATS

### III.1 PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les ruisseaux prospectés au cours de notre recherche présentent les valeurs moyennes suivantes pour les paramètres physico-chimiques mesurés

Tableau 4 : Valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques des ruisseaux étudiés

Paramètres	Kamundele						Masangamabe					
	n	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	X <sub>K</sub>	n	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	X <sub>M</sub>
T° (°C)	4	24,7	25,3	24,7	26,3	25,5	12	24,8	25,3	25,3	25,7	25,275
pH	4	6,5	5,7	5,1	5	5,57	12	6,9	6,5	6,3	5,9	6,4
C (μS/cm)	4	25,2	23,3	48,3	25,5	30,5	12	31,8	28,8	24,7	21,02	26,5
V (m/s)	4	28,4	29,5	42	17,6	29,4	11	18,2	38,4	27,1	27,37	27,8
l (cm)	4	380	145	90	145	190	11	272,8	265,2	145,3	156,9	210
P (cm)	4	20,2	11,7	7,1	12,7	12,9	12	16,6	18,4	3,3	7,8	11,5

**Légende :** T° : Température ; C : Conductivité ; V : vitesse ; l : largeur ; P : profondeur ; n : nombre de prélèvements ; X<sub>K</sub> : Moyenne Kamundele ; X<sub>M</sub> : Moyenne Masangamabe.

Ce tableau nous montre que la température varie de 24,7°C (K<sub>1</sub> et K<sub>3</sub>) à 26,3°C (K<sub>4</sub>) au ruisseau Kamundele et de 24,8°C (M<sub>1</sub>) à 25,7°C (M<sub>4</sub>) au ruisseau Masangamabe. Mais la moyenne pour toutes les stations est de 25,5°C pour Kamundele et de 25,275°C pour Masangamabe. Cette différence n'est pas significative.

Le pH diminue de l'aval en amont (K<sub>1</sub> : 6,5 ; K<sub>4</sub> : 5 et M<sub>1</sub> : 6,9 ; M<sub>4</sub> : 5,9) dans les deux ruisseaux prospectés avec comme moyenne pour toutes les stations est de 5,57 pour Kamundele et de 6,4 pour Masangamabe. L'écart de pH entre ces deux ruisseaux est significatif.

La conductivité la plus élevée de tous les deux ruisseaux est constatée à la station K<sub>3</sub> (48,3 μS/cm) et la plus faible à la station M<sub>4</sub> (21,02 μS/cm). La moyenne pour toutes les stations est de 30,5 μS/cm pour Kamundele et de 26,5 μS/cm pour Masangamabe. La différence de conductivités de ruisseau est significative.

La vitesse varie entre 17,6 m/s (K<sub>4</sub>) et 42 m/s (K<sub>4</sub>) à Kamundele (X<sub>K</sub>=29,4 m/s) alors qu'elle varie entre 18,2 m/s (M<sub>1</sub>) et 38,4 (M<sub>2</sub>) à Masangamabe (X<sub>M</sub>= 27,8 m/s). les moyennes montrent une différence de 1,6 m/s, ce qui est moins significatif, mais assez important pour différencier les deux ruisseaux.

### III.2. COMPOSITION FAUNISTIQUE

Après 24 sorties sur le terrain (dont 12 par ruisseau), 4283 spécimens de macroinvertébrés ont été récoltés dont 1616 au ruisseau Kamundele représentant 30 familles et 2667 dans le ruisseau Masangamabe représentant 32 familles.

Les tableaux 5 et 6 nous donnent une liste qualitative et la quantitative des macroinvertébrés récoltés respectivement dans le ruisseau Kamundele et dans le ruisseau Masangamabe.

Tableau 5 : Position systématique et répartition des effectifs des macroinvertébrés par station dans le ruisseau Kamundele

GROUPE FAUNISTIQUES		STATIONS				TOTAL
ORDRE	FAMILLE	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	
Décapodes	Atyidae	411	6	0	0	417
	Potamonautidae	61	0	0	0	61
Coléoptères	Gyrinidae	11	0	18	0	29
	Dystiscidae	0	6	9	5	20
	Elmidae	1	0	8	0	9
	Helophoridae	0	0	1	0	1
	Haliplidae	0	0	2	0	2
Odonates	Gomphidae	8	2	0	31	41
	Libellulidae	43	130	73	48	294
	Coenagrionidae	6	27	17	2	52
	Corduliidae	0	10	6	0	16
	Aeschnidae	9	6	0	0	15
Diptères	Tipulidae	21	0	33	1	55
	Chironomidae	0	44	56	224	324
	Ceratopogonidae	0	0	1	2	3
	Ephydriidae	1	0	0	0	1
Hétéroptères	Nepidae	1	0	3	0	4
	Belostomidae	0	0	2	0	2
	Gerridae	2	1	2	3	8
	Veliidae	3	0	0	1	4
	Naucoridae	0	0	3	0	3
	Corixidae	0	0	3	0	3
Trichoptères	Hydropsychidae	14	36	120	3	173
Éphéméroptères	Ephemerellidae	1	0	0	6	7
	Leptophlebiidae	0	0	6	0	6
Plécoptères	Perlidae	11	0	0	0	11
Dyctioptères	Blattidae	5	0	26	0	31
Mesogasteropoda	Ampullaridae	0	1	0	0	1
Hirudinés	Hirudidae	0	3	0	2	5
Oligochètes	Lumbriculidae	14	2	1	1	18
Total		623	274	390	329	<b>1616</b>

Le tableau 5 montre que les Arthropodes sont les mieux représentés et plus particulièrement la classe des insectes avec 8 ordres et 25 familles. La station K<sub>1</sub> a donné plus de spécimens (623) avec la famille des Atyidae en tête (411 individus). Le nombre plus faible de spécimens a été rencontré à la station K<sub>2</sub> (274). A la station K<sub>4</sub> les Chironomidae ont été les plus capturés. On remarque aussi que les Libellulidae et les Hydropsychidae ont été retrouvés dans toutes les stations tandis qu'il y a des familles qui n'ont été rencontrées qu'une seule fois et en un seul spécimen ; ce sont les Ampullaridae (K<sub>2</sub>), Ephydriidae (K<sub>1</sub>) et Helophoridae (K<sub>3</sub>).

Tableau 6 : Position systématique et répartition des effectifs des macroinvertébrés par station dans le ruisseau Masangamabe

GROUPE FAUNISTIQUE		STATIONS				TOTAL
ORDRE	famille	M <sub>1</sub>	M <sub>2</sub>	M <sub>3</sub>	M <sub>4</sub>	
Décapodes	Atyidae	541	530	298	20	1389
	Potamonautidae	49	93	37	0	179
	Paleominidae	1	0	0	0	1
Coléoptères	Hydrophilidae	0	8	2	0	10
	Gyrinidae	1	4	14	7	26
	Dysticidae	3	10	7	11	31
	Elmidae	1	3	0	0	4
Odonates	Gomphidae	23	2	1	10	36
	Libellulidae	19	15	3	23	60
	Coenagrionidae	16	4	5	5	30
	Corduliidae	23	31	14	36	104
	Aeschnidae	33	27	16	0	76
Diptères	Tipulidae	6	9	8	6	29
	Chironomidae	0	0	0	5	5
	Tabanidae	0	0	0	1	1
Hétéroptères	Nepidae	0	0	1	0	1
	Gerridae	5	2	5	20	32
	Veliidae	5	52	81	37	175
	Naucoridae	0	0	0	2	2
	Corixidae	0	2	0	1	3
Tricoptères	Hydropsychidae	1	24	31	9	65
	Beraeidae	0	3	0	0	3
Ephéméroptères	Leptophlebiae	16	52	25	0	93
	Heptageniidae	0	6	0	0	6
	Potamanthidae	5	6	6	0	17
Plécoptères	Perlidae	2	53	14	0	69
Dyctioptères	Blattidae	2	5	0	0	7
Mesogasteropoda	Ampullaridae	1	36	16	0	53
	Thiaridae	2	13	6	0	21
Pélécy-podes	Unionidae	1	0	0	0	1
Oligochètes	Lumbriculidae	115	2	3	0	120
	Tubificidae	17	0	0	1	18
	Total	888	992	593	194	2667

La lecture de ce tableau nous montre la dominance de la classe des Insectes en nombre de familles présentes (24 familles sur les 32 au total). En nombre de spécimens, on remarque la dominance des Décapodes (1569 sur les 2667 individus). La station M<sub>2</sub> a donné le nombre le plus élevé d'individus du ruisseau (992) et la station M<sub>4</sub> a le plus faible nombre de spécimens (194). Il y a 12 familles récoltées dans

toutes les stations : Tubificidae, Aeschnidae, Hydropsychidae, Gomphidae, Libellulidae, Corduliidae, Veliidae, Tipulidae, Gerridae, Dystiscidae, Gyrinidae, et Atyidae. Quatre familles n'ont été récoltées qu'une seule fois et en un seul spécimen : Paleomonidae ( $M_1$ ), Tabanidae ( $M_4$ ), Nepidae ( $M_3$ ) et Unionidae ( $M_1$ ).

### III.3. INDICES BIOLOGIQUES :

La moyenne ( $X$ ), la déviation standard (SD) et le coefficient de variabilité (CV) du nombre de spécimens (N) et de familles (S), ainsi que ceux des indices biologiques sont donnés dans le tableau 7.

---

Tableau 9 : moyenne (X), déviation standard (SD) et coefficient de variabilité (CV) de nombre de spécimens (N) et de familles (S), et des indices biologiques par station

Paramètres	KAMUNDELE												MASANGAMABE											
	K <sub>1</sub>			K <sub>2</sub>			K <sub>3</sub>			K <sub>4</sub>			M <sub>1</sub>			M <sub>2</sub>			M <sub>3</sub>			M <sub>4</sub>		
	X	SD	CV	X	SD	CV	X	SD	CV	X	SD	CV	X	SD	CV	X	SD	CV	X	SD	CV	X	SD	CV
N	51,9	36,1	69,9	22,8	9,6	41,9	32,5	27,7	85,3	27,4	15,4	56,2	74	37,4	50,6	82,7	35,8	43,3	53,9	28,5	52,9	16,2	8,3	51,1
S	6,7	1,7	25,0	4,2	1,4	33,7	5,6	2,2	39,0	3,5	1,7	48,5	7,7	2,8	36,2	10,0	2,7	27,0	8,7	2,6	29,9	6,0	2,1	34,8
BMWP	26,5	9,1	34,4	21,4	6,2	29,2	26,1	9,5	36,5	19,6	7,9	40,2	32,9	12,0	36,5	41,5	18,7	44,9	33,1	13,6	41,2	28,1	13,0	46,1
ASPT	6,7	0,8	11,4	5,8	1,0	17,7	5,7	0,6	10,9	6,1	1,4	23,4	6,7	0,7	9,8	7,1	0,5	7,42	6,3	0,7	18,6	6,2	1,0	17,0
OQR	4,8	0,5	10,5	3,9	0,5	12,3	4,0	0,8	21,5	2,5	3,8	19,7	4,8	0,3	5,4	4,8	0,4	8,78	4,6	0,5	10,5	4,3	0,9	21,2
IB	5,4	1,0	18,4	4,8	0,9	18,2	5,2	0,9	17,4	4,3	0,6	14,6	5,1	1,1	21,3	6,6	1,3	19,9	5,9	0,9	16	5,0	0,7	14,8
d	1,5	0,4	24,0	1,1	0,4	37,3	1,4	0,5	38,4	0,78	0,5	64,4	1,66	0,5	32,8	2,1	0,5	22,7	2,0	0,5	22,8	1,8	0,5	24,5
H'	1,2	0,4	34,6	1,1	0,4	37,1	1,3	0,4	33,1	0,76	0,46	61,5	1,17	0,43	36,8	1,51	0,41	27,2	1,49	0,33	21,8	1,5	0,36	24,1

La lecture de ce tableau montre que la moyenne élevée en nombre d'individus par station a été observée à la station M<sub>2</sub> (82,7) pour Masangamabe et à la station K<sub>1</sub> (51,9) pour Kamundele. Pour cet indice, le plus petit nombre est observé à la station M<sub>4</sub> (16,2). Les coefficients de variabilité sont élevés à Kamundele (CV > 56% pour K<sub>1</sub>, K<sub>3</sub> et K<sub>4</sub>) ; à Masangamabe ils sont assez faibles (CV < 53%).

Le nombre moyen de familles est plus grand à Masangamabe qu'à Kamundele sauf à la station M<sub>4</sub> (6,0) où il est inférieur à celui de la station K<sub>1</sub> (6,7). Tous les coefficients de variabilité sont faibles pour les deux ruisseaux (CV < 50%).

Aucune valeur moyenne de BMWP du ruisseau Kamundele (BMWP variant entre 19,6 et 26,5) n'est supérieure à une valeur moyenne de BMWP de Masangamabe (BMWP variant entre 28,1 et 41,5). Tous les coefficients de variabilité sont faibles pour les deux ruisseaux (CV < 46,2% pour Masangamabe et CV < 41% pour Kamundele).

L'ASPT moyen varie de 5,7 (K<sub>3</sub>) à 6,7 (K<sub>1</sub>) à Kamundele et de 6,2 (M<sub>4</sub>) à 7,1 (M<sub>2</sub>) à Masangamabe. Les coefficients de variabilité sont très faibles pour les deux ruisseaux (CV < 20%).

L'OQR moyen le plus grand est observé aux stations K<sub>1</sub>, M<sub>1</sub>, M<sub>2</sub> (4,8) tandis que le plus petit est observé à K<sub>4</sub> (2,5) pour Kamundele et à M<sub>4</sub> (4,3) pour Masangamabe. Les coefficients de variabilité sont très faibles pour les deux ruisseaux (CV < 22%).

L'indice biotique (IB) moyen varie entre 4,3 (K<sub>4</sub>) et 5,4 (K<sub>1</sub>) à Kamundele et entre 5,0 (M<sub>4</sub>) et 6,6 (M<sub>2</sub>) à Masangamabe. Les coefficients de variabilité sont très faibles pour les deux ruisseaux (CV < 22%).

L'indice de Margaleff (d) moyen de toutes les stations de Masangamabe ( $1,66 \leq d \leq 2,1$ ) est supérieur à celui de toutes les stations de Kamundele ( $0,78 \leq d \leq 1,5$ ). Le coefficient de variabilité est faible pour toutes les stations (CV < 39%), sauf pour la station K<sub>4</sub> où il est élevé (CV = 64,4%).

L'indice de Shannon-Weaner (H') moyen est élevé à Masangamabe (H' > 1,48) sauf à M<sub>1</sub> (1,17). A Kamundele, il varie de 0,76 (K<sub>4</sub>) à 1,3 (K<sub>3</sub>). Tous les coefficients de variabilité sont faibles (CV < 40%) sauf pour la station K<sub>4</sub> où il est élevé (CV = 61,5%).

#### III.4. CORRELATION DES INDICES ET PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES.

##### III.4.1. Ruisseau Kamundele

La corrélation entre les indices biologiques pris deux à deux est donnée dans le tableau 8 pour le ruisseau Kamundele.

Tableau 8 : Corrélation des indices biologiques pris deux à deux au ruisseau Kamundele.

N	S	BMWP	ASPT	OQR	IB	d	H'	
1	0,587**	0,342*	-0,270*	-0,029*	0,400*	0,214*	-0,022*	N
	1	0,857***	-0,214*	0,317*	0,840***	0,898***	0,706**	S
		1	-0,050*	0,529**	0,800***	0,857***	0,703**	BMWP
			1	0,647**	-0,214*	-0,148*	-0,072*	ASPT
				1	0,312*	0,398*	0,330*	OQR
					1	0,787***	0,642**	IB
						1	0,840***	d
							1	H'

Légende : \*\*\* corrélation très significative

\*\* corrélation significative

\* corrélation non significative

La corrélation entre ces indices et les paramètres physico-chimiques est révélée au tableau 9 pour le ruisseau Kamundele

Tableau 9 : Corrélation entre les indices biologiques et les paramètres physico-chimique du au ruisseau Kamundele.

	t°	pH	C	V	l	P
N	-0,569**	0,742**	-0,018*	0,104*	0,876***	0,752**
S	-0,888***	0,692**	0,292*	0,547**	0,066*	0,445*
BMWP	-0,936***	0,495**	0,531**	0,735**	0,435*	0,191*
ASPT	-0,492**	0,759**	-0,509**	-0,42*	0,959***	0,97***
OQR	-0,733**	0,809***	0,117*	0,589**	0,604**	0,399*
IB	-0,977***	0,649**	0,369*	0,711**	0,512**	0,275*
d	-0,98***	0,612**	0,413*	0,736**	0,497*	0,227*
H'	-0,982***	0,397*	0,566**	0,915***	0,157*	-0,094*

Légende : \*\*\* corrélation très significative

\*\* corrélation significative

\* corrélation non significative

III.4.2. Ruisseau Masangamabe

La corrélation entre les indices biologiques pris deux à deux est donnée dans le tableau 10.

Tableau 10 : Corrélation des indices biologiques pris deux à deux au ruisseau Masangamabe.

N	S	BMWP	ASPT	OQR	IB	d	H'	
1	0,820***	0,472*	0,221*	0,298*	0,668**	0,227*	-0,015*	N
	1	0,822***	0,106*	0,404*	0,765**	0,818***	0,533**	S
		1	0,429*	0,689**	0,661**	0,761**	0,513**	BMWP
			1	0,771**	0,186*	-0,033*	0,009*	ASPT
				1	0,297*	0,354*	0,370*	OQR
					1	0,557**	0,432*	IB
						1	0,735**	d
							1	H'

Légende : \*\*\* corrélation très significative  
 \*\* corrélation significative  
 \* corrélation non significative

La corrélation entre ces indices et les paramètres physico-chimiques est révélée au tableau 11 pour le ruisseau Masangamabe.

Tableau 11 : Corrélation entre les indices biologiques et les paramètres physico-chimique du ruisseau Masangamabe.

	t°	pH	C	V	l	P
N	-0,76**	0,959***	0,905***	0,282*	0,8***	0,752**
S	-0,343*	0,703**	0,531**	0,677**	0,44*	-0,186*
BMWP	-0,795***	0,663**	0,576**	0,75**	0,627**	-0,008*
ASPT	-0,467*	0,727**	0,76**	0,53**	0,884***	0,387*
OQR	-0,832***	0,984***	0,944***	0,165*	0,816***	0,44*
IB	0,018*	0,404*	0,224*	0,889	0,235*	-0,434*
d	0,361*	0,056*	-0,574**	0,922***	-0,128*	-0,599**
H'	0,866***	-0,593**	-0,737**	-0,73**	-0,599**	-0,894***

Légende : \*\*\* corrélation très significative  
 \*\* corrélation significative  
 \* corrélation non significative

CHAPITRE QUATRIEME

DISCUSSION

---

#### IV.1. PARAMETRES PHISICO-CHIMIQUES

La température de l'eau du ruisseau Kamundele varie entre 24,7° et 26,3°C, tandis que celle du ruisseau Masangamabe est située entre 24,8° et 25,7°C. Toutes les températures sont supérieures à 24,5°C. ce qui signifie que l'eau de ces ruisseaux est chaude. Nos investigations concordent avec celles de Golama (1989).

Le pH de ces ruisseaux varie de 5 à 6,5 pour Kamundele et de 5,9 à 6,9 pour Masangamabe. Dans ces eaux, le pH va augmentant de l'amont en aval, ce qui confirme la théorie de « River Continuum Concept » qui explique cette tendance par l'augmentation des substances tampons en aval (Vannote et al, 1980). Tshikaya, 1989 montre que le milieu qui a un pH  $\leq 6$  présente peu de familles car trop peu de familles tolèrent l'état d'acidité. Ce constat est confirmé par nos résultats qui montrent qu'à Kamundele avec un pH moyen de 5,57 il y a eu moins de familles qu'à Masangamabe dont le pH moyen est de 6,4.

La conductivité la plus élevée de Kamundele est celle de la station K<sub>3</sub> (48,3  $\mu\text{s}/\text{cm}$ ) ; ceci est probablement dû à l'intense activité humaine dans les carrières de sable et de gravier dans les alentours. A Masangamabe, elle croit de l'amont en aval coïncidant ainsi à l'allure générale de la conductivité le long d'un cours d'eau. La théorie stipule que la conductivité augmente avec l'apport des sels dans l'eau (Arrignon, 1976). Nous croyons qu'avec les carrières de sable et de gravier au niveau de K<sub>3</sub>, les éléments de profondeur, riches en sel, qui sont remis en surface et jetés dans l'eau augmenteraient la conductivité de cette station.

Selon Fellrath (1980), la vitesse décroît de l'aval en amont. Cette allure est remarquée à Kamundele et non à Masangamabe. Arrignon (1976) dit que la vitesse entraîne les êtres vivants vers l'aval ; nous constatons aussi que Kamundele avec une grande vitesse présente moins d'individus que Masangamabe.

#### IV.2. COMPOSITION FAUNISTIQUE

Le ruisseau Masangamabe a présenté plus d'individus (2667) et plus de familles (32) que le ruisseau Kamundele (1616 individus et 30 familles). Il y a eu plus d'individus de la famille des Atyidae que ceux d'autres familles dans les deux ruisseaux (1389 à Masangamabe et 417 à Kamundele). A la vue de ces trois nombres (individus, familles et individus de la famille dominante), notre hypothèse selon laquelle les valeurs des indices sont faibles dans un ruisseau où il y a une intense activité anthropique (ici Kamundele) que celles du ruisseau qui subit moins d'activités humaines (cas de Masangamabe) est confirmée.

La classe des insectes a dominé en nombre d'ordres dans les deux ruisseaux (26 à Kamundele et 24 à Masangamabe).

---

Dans l'ensemble, 23 familles étaient communes aux 2 ruisseaux ; 7 familles n'ont été retrouvées qu'à Kamundele (Helophoridae, Haliplidae, Ceratogonidae, Ephyridae, Belostomidae, Ephemerillidae et Hirudidae) et 9 familles à Masangamabe (Paleominidae, Hydrophilidae, Tabanidae, Beieridae, Leptophlebidae, Thiaridae, Unionidae, Potamanthidae et Tubificidae).

Dans l'allure générale le nombre d'individus augmente de l'amont en aval. Ceci peut être causé par la vitesse (le sens) de l'eau qui entraîne les animaux vers l'embouchure d'un cours d'eau.

#### IV.3. INDICES BIOLOGIQUES

Les moyennes des individus par stations ont été faibles à Kamundele ( $N < 33$ ) pour  $K_2$ ,  $K_3$  et  $K_4$  sauf pour  $K_1$  ( $N=51,9$ ). Alors qu'à Masangamabe ces valeurs sont très élevées à  $M_1$ ,  $M_2$  et  $M_3$  (respectivement  $N=74$  ;  $82,7$  et  $53,9$ ) et faible au niveau de  $M_4$  ( $N=16,2$ ). Les stations ayant une forte moyenne des individus sont les moins fréquentées possibles celles ayant les moyennes faibles.

Le nombre des familles par station montre des valeurs élevées à Masangamabe ( $S > 6$ ) et des valeurs assez faibles à Kamundele ( $S \leq 6,7$ ).

A Kamundele, on remarque un BMWP  $< 26,5$  tandis qu'à Masangamabe le BMWP  $> 28,1$ . Le plus bas ASPT à Kamundele est  $5,7$  ( $K_3$ ) et le plus élevé est  $6,7$  ( $K_1$ ), à Masangamabe on a  $6,2$  ( $M_4$ ) comme le plus bas et  $7,1$  ( $M_2$ ) comme le plus élevé.

A Kamundele l'OQR varie de  $2,5$  ( $K_4$ ) à  $4,8$  ( $K_1$ ) et à Masangamabe il varie de  $4,3$  ( $M_4$ ) à  $4,8$  ( $M_1$  et  $M_2$ ).

Les valeurs des indices du ruisseau soumis aux activités humaines sont plus basses que celles moins perturbé (Vandelannote et al, 1994 ; Kankonda, 1995)

L'indice biotique (IB) varie de  $4,3$  ( $K_4$ ) à  $5,4$  ( $K_1$ ) à Kamundele avec les CV allant de  $1,74\%$  ( $K_3$ ) à  $18,4\%$  ( $K_1$ ), il varie entre  $5,0$  ( $M_4$ ) et  $6,6$  ( $M_1$ ) avec les CV variant entre  $14,8\%$  ( $M_4$ ) et  $21,3\%$  ( $M_1$ ).

L'indice de Margaleff (d) le plus faible est observé à  $K_4$  ( $d=0,78$ ) et le plus grand à  $K_1$  ( $d=1,5$ ) à Kamundele ; tous les coefficients de variabilité sont faibles sauf pour  $K_4$  ( $CV= 64,4\%$ ). Cet indice varie de  $1,66$  ( $M_1$ ) à  $2,1$  ( $M_2$ ) pour Masangamabe et a des faibles CV.

L'indice de Shannon-Weaner varie entre  $0,76$  ( $K_4$ ) et  $1,3$  ( $K_3$ ) à Kamundele et de  $1,17$  ( $M_1$ ) à  $1,51$  ( $M_2$ ) à Masangamabe. Cet indice montre des CV faibles sauf pour  $K_4$  ( $CV=61,5\%$ ).

Pour tous ces indices, seuls BMWP et d ont montré une nette démarcation entre les deux ruisseaux c'est-à-dire que toutes les valeurs des stations de Kamundele sont inférieures à celles des stations de Masangamabe. Les deux indices, BMWP et d, confirment notre hypothèse. Néanmoins l'allure générale, de tous les autres indices, montre cette tendance.

#### IV.4. COEFFICIENT DE CORRELATION

Lorsque les indices sont pris deux à deux, on remarque des très fortes corrélations entre S, d, BMWP et IB ; entre BMWP et d, IB ; entre IB et d ; entre d et H' à

---

Kamundele tandis qu'à Masangamabe on en remarque entre S et N, BMWP, d. Les corrélations significatives sont observées entre S et H', BMWP et H', H' et IB, N et S, OQR et BMWP à Kamundele ; à Masangamabe entre IB et N, S, BMWP ; BMWP et OQR, H' ; OQR et ASPT, S et H'. Les bonnes corrélations entre S et beaucoup d'indices peuvent être dues du fait que ces indices tiennent de la présence des familles dans le milieu.

Lorsque les indices biologiques sont liés avec les paramètres physico-chimiques :

- à Kamundele, la température à une bonne corrélation avec tous les indices sauf avec ASPT. Ce constat peut être dû à l'abatage des arbres qui fait qu'il y ait une forte pénétration des rayons solaires. Le pH corrèle bien avec tous les indices sauf avec BMWP ( $r=0,495$  ;  $p=0,1$ ) et H' ( $r=0,397$  ;  $p=0,1$ ). Il y a des corrélations faibles entre la conductivité et les indices sauf pour S, ASPT et H'

- à Masangamabe, la température ne présente que des bonnes corrélations avec N, BMWP, OQR et H'. Le pH a des bonnes corrélations avec tous les indices sauf avec IB ( $r=0,404$ ,  $p=0,1$ ) et d ( $r=0,056$ ,  $p>0,1$ )

L'indice biotique présente corrélation très significative avec la vitesse ( $r=0,889$ ,  $p=0,001$ ).

Il y a des bonnes corrélations entre la conductivité et les indices sauf avec IB.

La conductivité et le pH ont peut être de bonnes corrélations avec les indices, vues les grandes quantités de feuilles et débits végétaux qui tombent dans ce ruisseau. Ainsi, il y a une forte dose d'acides organiques qui s'accumulent dans l'eau.

---

CHAPITRE CINQUIEME

CONCLUSION

---

Le présent travail consiste à contribuer à l'évaluation de certains indices biologiques dans la détermination de la qualité biologique des eaux de ruisseaux de Kisangani. Après prospection sur le terrain au filet SURBER, sur deux ruisseaux à savoir Kamundele, exposé à des fortes pressions dues aux activités anthropiques, et Masangamabe, situé en forêt et donc moins exposé aux activités humaines, 4283 macroinvertébrés ont été capturés dont 1616 à Kamundele et 2667 à Masangamabe.

Les paramètres physico-chimiques mesurés montrent que :

- les eaux de ces deux ruisseaux sont chaudes de part leur température supérieure à 24,5°C,
- le ruisseau Kamundele avec un pH compris entre 5 et 6,5 est plus acide que le ruisseau Masangamabe dont le pH varie entre 5,9 et 6,9 et proche de la neutralité,
- l'intense activité anthropique sur Kamundele, surtout à la station K<sub>3</sub> (C=48,3 µs/cm), donne à ce ruisseau une grande conductivité que Masangamabe dont la conductivité est inférieure à 32 µs/cm.

Nous avons obtenu au total 32 familles obtenues à Masangamabe et 30 familles à Kamundele. 23 familles étaient communes aux deux ruisseaux ; 7 familles n'ont été inventoriées qu'à Kamundele et 9 familles capturées à Masangamabe.

D'une manière générale, le nombre moyen de spécimens diminue de l'aval en amont.

Les moyennes d'individus et de familles par station se sont avérées plus basses à Kamundele qu'à Masangamabe.

Les valeurs moyennes de BMWP et des indices apparentés (ASPT et OQR) ont montré qu'à Kamundele, elles sont faibles par rapport à Masangamabe. La tendance des valeurs indique la sensibilité de cet indice à la pollution malgré des faibles coefficients de variabilité. Cette tendance des faibles valeurs à Kamundele par rapport à Masangamabe est observée pour IB, d et H'.

Deux indices, BMWP et d, ont pu ressortir clairement la théorie.

De tout ce qui précède nous pouvons conclure que :

- les indices biologiques utilisés dans ce travail peuvent aider les chercheurs dans la détermination de la pollution biologique de nos ruisseaux ;
- le nombre d'individus et de familles peuvent aussi aider dans ce sens surtout dans des études comparatives ;
- d'une manière générale le milieu plus perturbé présente des valeurs plus faibles que le milieu qui l'est moins.

Loin de nous la pensée de tirer des conclusions définitives, nous pensons que beaucoup d'autres travaux seront orientés dans ce sens pour compléter les lacunes de celui-ci surtout avec l'ouverture du Département de l'Hydrobiologie qui pourrait initier des recherches plus approfondies dans ce domaine.

---

REFERENCES  
BIBLIOGRAPHIQUES

- 
1. Arrignon, J., 1976. Aménagement écologique et piscicole des eaux douces, 3<sup>ème</sup> édition, Gauthier-villars, Paris, pp51-60
  2. Brown, D. S., 1980. Fresh water snail of Africa and their medical importance, Taylor et Francis, Ltd. London, 48p.
  3. Bultot, F., 1954. Carte des régions climatiques du Congo-belge, établie d'après les critères de Köppen, INEAC, commune Bureau climatique, n°2, 15p ;
  4. Cranston, P.S., Ramsdole, C.D., Snow, K.R., et White, G.B., 1987. adults, larvae and pupae of British mostiquitoes (Culicidae) : the key. Scientific Publication of the F.B.A.; n°48, 152 p.
  5. Crossland, N.O., 1979. The use of biological indices for monitoring effect of pollution in freshwater. Environment Pollution Management , May-June 1979, 76-80 pp.
  6. De Paw, N. et Vanhooren, G., 1983. Method for biological quality assessment of water courses in Belgium, Hydrobiologie 100, pp 153-168.
  7. Dethier, M. et Haenni, J.P., 1986. Planipennes, Mégaloptères et Lépidoptères à larves aquatiques. Extrait du bulletin mensuel de la société Limnéene de Lyon 55<sup>e</sup> année n° 6, pp 201-224
  8. Durand, J.R et Levêque, C. 1981. Flore et faune aquatiques de l'Afrique Sahelo-soudanienne, ORTOM, 45, Paris, 695 p.
  9. Edington, J.M. et Hildrew, A.G., 1995. Caseless caddis larvae of British isles: a key with ecological notes. Scientific Publication of FBA, n° 53, 134 p.
  10. Fellrath, M., 1980. la rivière un milieu vivant, Payot Lausanne, 128 p.
  11. Ghetti, P.F. et Bonazzi, G. 1977. A comparison between various criteria for the interpretation of biological data in the analysis of the quality of running waters, Water Research, Vol. 11, pp 819-831
  12. Golama, S.K., 1989. Etude préliminaire des caractéristiques physico-chimiques des eaux des quelques étangs à Kisangani, Ann. Fac des Sciences, Unikis, Kisangani, pp 63-72
  13. Gopal, B. et Wetzel, R.G., 1995. Limnology in developing countries, vol1, International association of Theoretical and Applied limnology (SIL), Inde, 320p
  14. Ifuta, N., 1982. Contribution à l'étude systématique et écologique des microchiroptères de la ville de Kisangani et ses périphéries, Mémoire inédit, Fac. des Sciences, Unikis, Kisangani, 62p.
  15. Kabwe, M., 1997. Contribution à l'étude de la qualité de l'eau du ruisseau Djubu-Djubu par les indicateurs biologiques (Macroinvertébrés), Mémoire inédit, Fac. des Sciences, Unikis, Kisangani, 40p.
-

16. Kahindo, M., 1988. Contribution à l'étude floristique et phytosociologique des forêts secondaires de Masako (Kisangani), Mémoire inédit, Fac des Sciences, Unikis, Kisangani, 64 p
  17. Kankonda, B., 1995. Utilisation de quelques indices biotiques (européens) dans l'évaluation de la qualité biologique des eaux continentales africaines, Rapport de Stage du CRRHA, Bujumbura, 12 p.
  18. Kankonda, B., 2001. Contribution à l'établissement d'une carte de pollution des eaux des ruisseaux de Kisangani par l'utilisation des macroinvertébrés benthiques comme bionindicateurs, DES inédite, Fac. des Sciences, Unikis, Kisangani, 52 p.
  19. Kankonda, B., Katembwa, K., Mateso., Ulyel, A-P., 2003. Données préliminaires sur les fluctuations journalières de quelques facteurs physico-chimiques des eaux des ruisseaux Kabondo et Kamundele à Kisangani (R.D.Congo), Annales Fac des Sciences, N° 12 vol.2, pp 363-371
  20. Macan, T., 1994. British fresh and brackishwater Gasteropods, Scientific Publication of FBA, n° 13, 46 p
  21. Mambangula, L., 1988. Etude floristique et biologique des lianes et herbes de la forêt de *Gilbertiodendron dewevrei* comme Wild, J. leonardi de Masako (Kisangani), mémoire inédit, Fac. des Sciences, Unikis, Kisangani, 74 p
  22. Mason, C.F., 1991. Biology of freshwater pollution, 2<sup>nd</sup> edition, Longman, Scientific and technical, Essex, 338 p.
  23. Mateso, T., 1989. fluctuations journalières de quelques facteurs physico-chimiques (oxygène dissout, azote ammoniacal, pH, conductivité et température) dans les ruisseaux Kabondo et Kamundele à Kisangani, T.F.C. inédit, Fac. des Sciences, Unikis, Kisangani, 32 p
  24. Mbiye, A.L., 1997. Evaluation spatio-temporelle comparée de la qualité biologique de l'eau des ruisseaux Kabondo et Konga-Konga à Kisangani (Province orientale), mémoire inédit, Fac. des Sciences, Unikis, Kisangani, 51 p
  25. Niyungeko, P., 1984. Contribution à l'étude de la qualité de l'eau de la rivière Ntahangua par les indicateurs biologiques (Macroinvertébrés), mémoire inédit, Fac. des Sciences, Université du Burundi, 97 p ;
  26. Nyakabwa, M., 1982. Phytocénose de l'écosystème urbain de Kisangani, thèse de docteur inédite, Fac. des Sciences, Unikis, Kisangani, 468 p.
  27. Ramade, F., Cosson, R., Echaubard, M., Le Bras, S., Moreteau, J.C. et Thybaud, E., 1984. Détection de la pollution des eaux en milieu agricole, Bulletin biologique 15 (1), pp 21-37.
-

28. Richoux, P., 1982. Coléoptères Aquatiques (Genres : adultes et larves) extraits du bulletin de la société Limnienne de Lyon, 51<sup>ème</sup> année, n° 4, 8 et 9, pp 105-128, 257-272 et 286-303.
  29. Savage, A.A., 1989. Adults of British aquatic Hemiptera, Heteroptera : a key with ecological notes, Scientific Publication of FBA, n° 50, 173 p.
  30. Scholtz, C. et Helm, E., 1985. Insects of southern Africa. Bulterworths, Durban, 340p
  31. Tachet, H., bournaud, M. et Richoux, P., 1980. Introduction à l'étude des macroinvertébrés des eaux douces (Systématiques elementaires et aperçu écologique) CRDP/AFL, Paris, 150p.
  32. Tshikaya, N., 1989. Evaluation de différents indices biologiques (basés sur les macroinvertébrés) dans la détermination de la pollution des ruisseaux de Kisangani, TFC inédit, Fac. des Sciences, Unikis, Kisangani, 32 p.
  33. Vandelannote, A., Kimbandi, S., Byunvuhore, L., Bitetera, L. Niyungeko, P., Dellotra, H. Et Olivier, F., 1994. The usefulness of Biological pollution indices based on macroinvertebrates for central African rivers. Résumés des conférences-journées scientifiques du CRRHA du 30 au 31 mars 1994, Bujumbura
  34. Vannote, R.I., Minshall, G.W., Cummins, K.W., Sedell, J.R. et Cushing, C.E., 1980. The River Continuum Concept (RCC) *Can fish aquatic* 37, pp 130-137.
  35. Vergon, J.P. et Bourgeois, C., 1993. Diptères : Chironomidae (larves aquatiques), Tome 1. caractères généraux, Sous-familles et tribus, extrait du bulletin mensuel de la société Limnienne de Lyon, Tome 62, fascicule 4, pp 101-132
  36. Villiers, A., 1943. Hémiptères de l'Afrique noire (Punaises et cigale), Initiations Africaines IX, Paris, pp 44-208
-

## ERRATA

lire	au lieu de
Avant-propos	
1 Pr. Dr Ulyel Ali Patho pour	Dr Ulyel Ali Patho. Pour
2. C.T. Kankonda, ainsi que	C.T. Kankonda, ainsi que
Introduction	
Page 1 peu connues, sont	peu connues, sont
Page 5 <i>Pycnathus</i>	<i>Pychnathus</i>
Page 6 <i>Hevea brasiliensis</i>	<i>Hevea brasiliens</i>
Matériel et Méthodes	
Page 10 Tachet et al. (	Tachet et al (
Résultats	
Page 19 §1 ils sont faibles	ils sont assez faibles
Page 20 tableau 9 : du ruisseau Kamundele	du au ruisseau Kamundele
Discussion	
Page 23 point IV.3. par station	par stations
Page 24 abatage	abatage
L'indice biotique présente une corrélation	l'indice biotique présent corrélation
Annexes	
Tableau 13 Rychodelliformes	Rynchodelliform
Tableaux 16, 17, 18	
Ephéméroptères	Ephéméropt
Mesogasteropoda Eulamelibranches	Mesogastero Eulamelibra

## TABLE DES MATIERES

<i>Dédicace</i>	
<i>Avant-prpropos</i>	
<i>Résumé</i>	
<i>Abstract</i>	
<i>Chapitre I. Introduction</i>	1
<i>I.1. Généralites</i>	1
<i>I.2. Travaux antérieurs</i>	2
<i>I.3. But et intérêt du travail</i>	2
<i>I.3.1. But</i>	2
<i>I.3.2. Intérêt</i>	2
<i>I.4. Hypothèse du travail</i>	3
<i>I.5. Milieu d'étude</i>	3
<i>I.5.1. Situation et Climat</i>	3
<i>I.5.2. Description des stations de récolte</i>	4
<i>I.5.2.1. Choix des ruisseaux</i>	4
<i>I.5.2.2. Ruisseau Kamundele</i>	4
<i>I.5.2.3. Ruisseau Masangamabe</i>	5
<i>Chapitre II. Matériel et méthodes</i>	9
<i>II.1 Matériel</i>	9
<i>II.2. Méthodes</i>	9
<i>II.2.1. Paramètres physico-chimiques</i>	9
<i>II.2.2. Récolte et identification des macroinvertébrés</i>	9
<i>II.2.3. Indices biologiques</i>	10
<i>II.2.4. Calculs statistiques</i>	12
<i>Chapitre III. Résultats</i>	14
<i>III.1. Paramètres physico-chimiques</i>	14
<i>III.2. Composition faunistique</i>	14
<i>III.3. Indices biologiques</i>	17
<i>III.4. Corrélation des indices et paramètres physico-chimiques</i>	19
<i>III.4.1. Ruisseau Kamundele</i>	19
<i>III.4.2. Ruisseau Masangamabe</i>	21
<i>Chapitre IV. Discussion</i>	22
<i>IV.1. Paramètres physico-chimiques</i>	22
<i>IV.2. Composition faunistique</i>	22
<i>IV.3. Indices biologiques</i>	23
<i>IV.4. Coefficient de corrélation</i>	23
<i>Chapitre V. Conclusion</i>	25
<i>Références bibliographiques</i>	26
<i>Table des matières</i>	
<i>Annexes</i>	

# ANNEXES

Tableau 12: Effectifs annuels des macroinvertébrés récoltés et indices biologiques au ruisseau Kamundele : station1

GROUPE FAUNISTIQUE			NOMBRE												TOTAL	
Embranchement	ORDRE	FAMILLE	At	S	O	N	D	J	F	Ms	Av	Mi	Jn	JI		
Arthropodes	Décapodes	Atyidae	74	116	63	22	23	5	23	39	16	17	0	13	411	
		Potamonautidae	7	3	0	2	2	3	8	10	9	6	1	10	61	
	Coléoptères	Gyrinidae	2	1	1	1	2	0	3	0	0	0	0	0	1	11
		Elmidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Odonates	Libellulidae	5	5	3	9	1	0	1	4	3	3	2	0	10	43
		Coenagrionidae	0	2	0	0	1	0	1	2	0	0	0	0	0	6
		Aeschnidae	0	0	0	0	3	2	2	0	2	0	0	0	0	9
		Gomphidae	3	0	1	2	0	0	0	0	0	1	0	1	0	8
	Hétéroptères	Nepidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
		Gerridae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
		Veliidae	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Trichoptères	Hydropsychidae	0	7	2	0	0	0	0	0	0	4	1	0	0	14
	Plécoptères	Perlidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	10	0	0	11
	Ephéméroptères	Ephemerillidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Diptères	Tipulidae	2	3	1	2	0	0	0	0	0	3	4	4	2	21
		Ephyridae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dictyoptères	Blattidae	2	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	0	5	
Annelides	Opisthophores	Lumbriculidae	0	2	0	0	0	0	0	0	5	2	5	0	14	
		N	96	140	71	38	36	10	40	57	43	43	13	36	●623	
	S	8	9	6	6	8	3	7	6	8	8	8	6	5		
	BMWP	26	34	31	26	36	8	26	18	35	39	21	18			
	ASPT	6,5	5	6,2	6,5	7,4	8	6,7	6,3	5,8	6,5	4,2	6			
	OQR	4,5	3,5	5	4,5	5	4	4,5	3,5	4,5	5	2,5	4,5			
	IB	5	6	6	5	7	4	5	5	6	7	5	4			
	d	1,53	1,62	1,17	1,37	1,95	0,87	1,63	1,24	1,86	1,86	1,95	1,12			
	H'	0,94	0,72	0,52	1,2	1,32	1,03	1,32	1,01	1,77	2,03	1,52	1,34			

Tableau 13 : Effectifs annuels des macroinvertébrés récoltés et indices biologiques au ruisseau Kamundele : station2

GROUPE FAUNISTIQUE			NOMBRE											TOTAL		
Embranchement	Ordres	Familles	At	S	O	N	D	J	F	Ms	Av	Mi	Jn		JI	
Arthropodes	Décapodes	Atyidae	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	
	Coléoptères	Dystiscidae	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	6	
	Odonates	Gomphidae		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2
		Libellulidae		14	10	15	11	7	9	2	15	5	11	6	25	130
		Coenagrionidae		3	4	3	0	1	1	2	2	1	1	9	0	27
		Aeschnidae		0	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
		Corduliidae		8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	10
	Hétéroptères	Gerridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Trichoptères	Hydropsychidae	0	3	0	10	3	0	0	0	1	0	13	6	0	26
Diptères	Chironomidae	3	0	0	0	1	27	0	0	8	0	2	3	0	44	
Achètes	Rhynchodelliform	Hirudidae	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	3	
Annelides	Opisthophores	Lumbriculidae	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	
Mollusques	Gastéropodes	Ampullaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
			N	29	27	21	24	14	37	4	26	8	29	28	27	264
			S	5	6	3	3	6	3	2	4	4	5	6	3	
			BMWP	26	27	13	6	29	15	13	20	24	28	28	16	
			ASPT	5,4	5,6	6,5	6	4,9	5	6,5	5	6	5,6	4,6	8	
			OQR	3,5	4	4	4,5	4,5	3,5	4	3,5	4,5	4	3	4,5	
			IB	4	6	4	5	6	4	4	5	4	5	6	4	
			d	1,19	1,52	0,66	0,63	1,89	0,55	0,72	0,92	1,44	1,19	1,50	0,61	
			H'	1,29	1,59	0,79	0,98	1,43	0,67	0,69	1	1,07	1,21	1,62	0,32	

Tableau 14 : Effectifs annuels des macroinvertébrés récoltés et indices biologiques au ruisseau Kamundele : station3

GROUPE FAUNISTIQUE			NOMBRE											TOTAL		
Embranchement	ORDRE	FAMILLE	At	S	O	N	D	J	F	Ms	Av	Mi	Jn		Jl	
Arthropodes	Coléoptères	Helophoridae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		Dystiscidae	0	0	0	0	0	0	0	3	1	0	1	2	2	9
		Gyrinidae	1	2	0	0	4	0	0	0	7	0	3	0	1	18
		Elmidae	0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
		Halplidae	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	2
	Odonates	Coenagrionidae	0	1	8	0	0	4	0	0	0	2	1	0	0	17
		Corduliidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	0	6
		Libellulidae	13	15	8	10	3	5	0	4	9	4	4	0	2	73
		Nepidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3
	Hétéroptères	Gerridae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Belostomidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Corixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3
		Naucoridae	0	0	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	Ephéméroptères	Leptophlebiae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	6
	Diptères	Tipulidae	1	11	5	4	12	0	0	0	0	0	0	0	0	33
		Chironomidae	0	31	0	18	0	7	0	0	0	0	0	0	3	59
		Ceratopogonidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Dictyoptères	Blattidae	0	3	2	2	4	1	0	0	0	0	11	0	3	26	
Trichoptères	Hydropsychidae	0	19	56	9	29	0	0	0	0	0	1	1	1	120	
Annelides	Opisthophores	Lumbriculidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	
			N	20	84	89	43	54	17	4	13	11	26	11	14	393
			S	7	9	7	5	7	4	2	4	2	8	5	7	
			BMWP	33	30	28	20	29	15	10	23	14	42	33	38	
			ASPT	5,5	5,1	5,8	5	4,8	5,3	5	5,7	7	6	6,6	6,5	
			OQR	4,5	4	4	3	3	3,5	2,5	4	4	5	5	5	
			IB	6	6	6	5	6	4	4	4	4	6	5	6	
			d	2,00	1,81	1,34	1,06	1,50	1,06	0,72	1,17	0,42	2,15	1,67	2,27	
			H'	1,26	1,64	1,27	1,4	1,36	1,23	0,56	1,09	0,47	1,64	1,52	2,09	

Tableau 15 : Effectifs annuels des macroinvertébrés récoltés et indices biologiques au ruisseau Kamundele : station4

GROUPE FAUNISTIQUE			NOMBRE												TOTAL	
Embranchement	ORDRE	FAMILLE	At	S	O	N	D	J	F	Ms	Av	Mi	Jn	Jl		
Arthropodes	Coléoptères	Dystiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5	
	Odonates	Libellulidae	5	5	4	1	0	2	2	7	0	2	3	0	31	
		Gomphidae	6	6	10	0	4	1	6	4	1	6	3	1	48	
		Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	
	Hétéroptères	Gerridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	3	
		Veliidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	
	Trichoptères	Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	3	
	Ephéméroptères	Ephemerillidae	0	0	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	6	
	Diptères	Tipulidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	
		Chironomidae	50	0	0	40	12	38	8	0	25	7	14	30	224	
Ceratopogonidae		1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2		
Achètes	Rhynchodelliform	Hirudidae	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	2		
Annelides	Opisthophores	Lumbriculidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1		
			N	63	11	18	42	16	43	16	12	28	26	23	31	329
			S	4	2	3	3	2	4	3	3	3	8	5	2	
			BMWP	21	16	26	15	10	28	18	16	15	37	23	10	
			ASPT	5,2	8	8,6	5	5	7	6	8	5	4,6	6	5	
			OQR	3,5	4,5	4,5	3	2,5	4,5	4,5	4,5	3	3,5	4,5	2,5	
			IB	4	4	4	4	4	4	4	4	5	6	4	4	
			d	0,72	0,42	0,69	0,54	0,36	0,80	0,72	0,80	0,60	2,15	1,28	0,29	
			H'	0,74	0,69	0,99	0,22	0,56	0,48	0,97	0,89	0,41	0,83	1,1	0,14	

Tableau 16 : Effectifs annuels des macroinvertébrés récoltés et indices biologiques au ruisseau Masangamabe : station1

GROUPE		NOMBRE												Total
Ordre	Famille	S	O	N	D	J	F	Ms	Av	Mi	Jn	Jl	At	
Décapodes	Atyidae	36	40	63	52	154	20	13	26	34	43	11	49	541
	Paleominidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Potamonautidae	0	4	2	6	1	0	1	8	3	12	1	11	49
Coléoptères	Gyrinidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Dysticidae	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	3
	Elmidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Odonates	Gomphidae	2	0	0	0	0	0	1	3	4	9	2	2	23
	Libellulidae	1	2	1	2	2	0	0	2	4	5	0	0	19
	Coenagrionidae	0	1	0	9	1	0	0	0	0	2	0	3	16
	Corduliidae	0	3	4	3	1	2	0	1	1	3	1	4	23
	Aeschnidae	4	2	1	7	2	8	0	1	0	4	0	4	33
Diptères	Tipulidae	0	0	0	3	0	0	1	0	0	2	0	0	6
	Gerridae	2	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	5
	Veliidae	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
Trichoptères	Hydropsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Ephéméropt	Leptophlebiidae	15	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	16
	Potamanthidae	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	5
Plécoptères	Perlidae	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Dyctioptères	Blattidae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Mesogastero	Ampullaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Thiaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2
Eulamellibra	Unionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Oligochètes	Lumbriculidae	0	0	0	1	0	0	11	8	0	23	42	30	115
	Tubificidae	9	0	0	0	0	0	0	0	8	0	0	0	17
N		74	52	71	90	161	34	27	53	55	106	57	108	888
S		9	6	5	10	6	5	5	10	7	12	5	12	
BMWP		45	29	24	55	29	26	14	38	35	43	17	40	
ASPT		6,4	7,2	8	6,8	7,2	6,5	4,6	6,3	7	6,1	6,3	5,7	
OQR		5	4,5	4,5	5	4,5	4,5	2,5	5	5	5	4,5	4,5	
IB		5	5	4	7	5	4	4	5	5	6	4	7	
d		1,86	1,27	0,94	2,00	0,98	1,13	1,21	2,27	1,50	2,36	0,99	2,35	
H'		1,39	0,89	0,43	1,53	0,51	1,14	1,08	1,63	1,26	1,79	0,8	1,55	

Tableau 17 : Effectifs annuels des macroinvertébrés récoltés et indices biologiques au ruisseau Masangamabe : station2

GROUPE	Ordre	Famille	NOMBRE											Total	
			S	O	N	D	J	F	Ms	Av.	Mi	Jan	Jl		At
	Décapodes	Atyidae	49	33	47	7	57	41	49	60	64	50	36	37	530
		Potmonautidae	6	0	1	4	1	1	4	45	4	15	3	9	93
	Coléoptères	Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	8
		Gyrinidae	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	4
		Dysticidae	0	0	0	0	0	1	4	5	0	0	0	0	10
		Elmidae	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
	Odonates	Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	2
		Libellulidae	3	1	0	0	4	1	2	1	0	0	0	3	15
		Coenagrionidae	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	4
		Corduliidae	6	4	2	4	0	1	0	0	2	7	4	1	31
		Aeschnidae	6	1	3	2	0	1	4	2	3	3	2	0	27
	Diptères	Tipulidae	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	2	9
	Hétéroptères	Gerridae	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2
		Veliidae	1	1	5	3	15	10	1	2	0	0	2	12	52
		Corixidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
	Tricoptères	Hydropsychidae	6	1	5	3	0	3	2	0	3	1	0	0	24
		Beraeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3
	Ephéméropt	Leptophlebiidae	7	0	0	0	0	0	0	13	17	2	0	13	52
		Heptageniidae	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6
		Potamanthidae	0	1	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	6
	Plécoptères	Perlidae	4	3	3	0	0	0	5	16	22	0	0	0	53
	Dyctioptères	Blattidae	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	2	5
	Mesogasterc	Ampullaridae	0	0	1	0	1	0	3	3	3	9	3	13	36
		Thiaridae	0	0	3	0	0	0	1	1	2	4	0	2	13
	Oligochètes	Lumbriculidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2
		N	99	46	71	29	79	60	75	154	131	92	52	104	992
		S	13	9	10	7	6	9	9	12	15	9	8	13	
		BMWP	69	54	32	36	13	39	36	33	79	36	22	49	
		ASPT	7,6	7,7	6,4	7,2	6,5	6,5	7,2	6,6	7,8	7,2	5,5	7	
		OQR	5,5	5	5	5	4	5	5	5	5,5	5	4	5	
		d	2,61	2,09	2,11	1,78	1,14	1,95	1,85	2,18	2,87	1,77	1,77	2,58	
		H'	1,88	1,12	1,32	2,18	0,87	1,13	1,37	1,82	1,77	1,48	1,19	2,01	

Tableau 18 : Effectifs annuels des macroinvertébrés récoltés et indices biologiques au ruisseau Masangamabe : station3

UE	Ordre	Famille	NOMBRE										Total
			S	O	N	D	J	F	Ms	Av	Mi	Jn	
Décapodes	Atyidae	24	12	3	5	1	3	50	53	62	40	45	298
	Potmonautidae	0	2	2	4	3	1	5	11	1	3	5	37
Coléoptères	Hydrophilidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2
	Gyrinidae	0	1	1	0	4	3	0	4	0	0	1	14
	Dysticidae	0	0	0	0	0	0	1	4	0	1	1	7
Odonates	Gomphidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
	Libellulidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	3
	Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	5
	Corduliidae	0	0	3	1	3	3	1	0	0	2	1	14
	Aeschnidae	3	0	3	4	0	0	2	1	0	2	1	16
Diptères	Tipulidae	1	1	0	0	0	0	1	4	1	0	0	8
Hétéroptères	Nepidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Gerridae	0	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	5
	Veliidae	8	3	7	2	6	41	5	0	7	0	2	81
Tricoptères	Hydropsychidae	4	0	0	9	0	0	4	4	7	0	3	31
Ephéméropt	Leptophlebiae	9	0	0	0	0	0	0	1	8	3	4	25
	Potamanthidae	0	0	0	6	0	0	0	0	0	0	0	6
Plécoptères	Perlidae	0	0	0	0	0	0	0	14	0	0	0	14
Mesogasterc	Ampullaridae	0	1	3	0	0	1	1	1	1	0	8	16
	Thiaridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	5	6
Oligochètes	Lumbriculidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	3
	N	50	22	22	31	18	53	71	98	91	58	79	593
	S	7	7	7	6	6	7	10	11	10	11	14	
	BMWP	33	23	21	31	18	18	39	38	31	53	59	
	ASPT	6,6	5,7	7	7,7	6	6	6,5	5,4	5,1	6,6	6,5	
	OQR	5	4	4,5	5	4,5	4,5	5	4	4	5	5	
	IB	6	5	5	6	5	5	6	8	7	6	6	
	d	1,53	1,94	1,94	1,46	1,73	1,51	2,11	2,18	2	2,46	1,98	
	H'	1,48	1,52	1,8	1,78	1,62	0,83	1,19	1,78	1,21	1,31	1,87	

Tableau 19 : Effectifs annuels des macroinvertébrés récoltés et indices biologiques au ruisseau Masangamabe : station4

UE		NOMBRE												Total
Ordre	Famille	S	O	N	D	J	F	Ms	Av	Mi	Jn	Jl	At	
Décapodes	Atyidae	0	1	8	0	1	0	1	4	4	0	0	1	20
Coléoptères	Gyrinidae	2	2	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7
	Dysticidae	0	0	0	0	0	0	0	0	5	1	2	3	11
Odonates	Gomphidae	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	5	10
	Libellulidae	2	0	0	2	3	0	0	0	3	6	1	6	23
	Coenagrionidae	0	0	0	1	0	0	0	1	2	0	0	1	5
	Corduliidae	0	0	8	0	4	1	4	1	5	8	2	3	36
Diptères	Tipulidae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	3	6
	Chironomidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	3	5
	Tabanidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	Gerridae	1	1	1	0	11	1	0	4	0	0	0	1	20
Hétéroptères	Veliidae	1	11	2	4	6	2	0	2	0	1	5	3	37
	Naucoridae	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
	Corixidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Tricoptères	Hydropsychidae	0	0	2	4	0	0	0	0	0	2	1	0	9
Oligochètes	Lumbriculidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	N	6	17	25	12	26	4	6	14	21	19	15	29	194
	S	4	6	8	5	6	3	3	6	7	6	8	10	
	BMWP	18	11	36	21	29	13	13	26	39	39	46	46	
	ASPT	6	3,6	6	5,2	7,2	6,5	6,5	6,5	6,5	7,8	6,5	5,7	
	OQR	4,5	2	5	3,5	4,5	4	4	4,5	5	5	5	4,5	
	IB	4	5	6	5	5	4	4	5	5	6	6	5	
	d	1,67	1,76	2,17	1,61	1,53	1,44	1,12	1,89	1,97	1,7	2,58	2,67	
	H'	1,33	1,21	1,71	1,44	1,49	1,04	0,87	1,65	1,78	1,42	1,89	2,14	