

Effets de rejets industriels de l'usine de traitement d'eau de Kinshasa (REGIDESO) sur la qualité physico-chimique et biologique des eaux des rivières Matete et N'djili, RD Congo

[Effects of industrial wastes from water treatment station of Kinshasa city (REGIDESO) on the physicochemical and biological quality of water of Matete and N'djili rivers (RD Congo)]

Nadine Bipendu Muamba¹, Vincent Lukanda Mwamba², Dieudonné Musibono Eyul' Anki³, Victor Pwema Kiamfu⁴, and Koto-te-Nyiwa Ngbolua⁴

¹Département de Chimie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

²Département de Physique, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

³Département de l'Environnement, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

⁴Département de Biologie, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, B.P. 190, Kinshasa XI, RD Congo

Copyright © 2017 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the **Creative Commons Attribution License**, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: The effluents from the water treatment station of REGIDESO located in Kingabwa (Kinshasa city) are accused of reducing aquatic biodiversity of Matete and N'djili rivers and are responsible of some human diseases. The effects of these effluents on the physico-chemical and biological quality of water of Matete and N'djili rivers were evaluated. The benthic macro-invertebrates and *Gambusia affinis* were used as biodiversity richness indicator and model system for toxicity assays. The analyses of physicochemical parameters revealed a constant temperature in the stations studied (± 25 °C) and a high value of conductivity in the sites near the effluents discharge location. On the whole of the sites, the bacterial load was reduced to the neighboring sites of the effluents discharge. The pH is slightly acidic depending on the period and the sampling sites. Dissolved oxygen decreases as sampling seasons. 1405 specimens of benthic macro-invertebrates including 499 in the rainy season and 906 in dry season were harvested. The Shannon index value ranges from 0.4 to 2.9 during rainy season and 1.7 to 2.9 during dry season, reflecting the passage of polluted water to moderately pollute in rain season and moderately polluted to slightly pollute in the dry season. The toxicity bioassay revealed that these effluents are toxic ($LC_{50}=0.109\%$). It is thus desirable to install a monitoring system near of the station of water purification of the REGIDESO N'djili in order to regularly control the dangerousness of the effluents poured in the surrounding watery ecosystems.

KEYWORDS: Water quality assessment, bio-indicators, Macro-invertebrates, *Gambusia affinis*, aquatic ecosystem, pollution.

RÉSUMÉ: Les effluents provenant de la station d'épuration d'eau de la REGIDESO installée à Kingabwa (Kinshasa) sont accusés de réduire la biodiversité aquatique des rivières Matete et N'djili et d'occasionner certaines maladies chez l'homme. Les effets de ces rejets industriels sur la qualité physico-chimique et biologique des eaux des rivières Matete et N'djili ont été évalués. Les macro-invertébrés benthiques et *Gambusia affinis* ont été utilisés respectivement comme l'indicateur de la richesse en biodiversité et système modèle pour le test de toxicité. L'analyse des paramètres physicochimiques révèle que la température est constante (± 25 °C) aux différents points échantillonnée et une valeur élevée de la conductivité dans les sites proches du point de rejet. Sur l'ensemble des sites, la charge bactérienne était réduite aux sites proches du lieu de déversement des effluents. Le pH est légèrement acide et la teneur en O₂ dissous décroît selon les saisons. 1405 macro-invertébrés benthiques appartenant à 4 classes ont été identifiés. 499 en saison de pluie et 906 en saison sèche. L'indice de Shannon varie de 0,4 à 2,9 en saison de pluie et de 1,7 à 2,9 en saison sèche et indique que les eaux passent de polluées à

moyennement polluées en saison des pluies et de moyennement polluées à faiblement polluées en saison sèche. Le bio-test au *Gambusia affinis* a révélé que la toxicité de ces effluents ($LC_{50} = 0.109\%$). Il est donc souhaitable d'installer un système monitoring à côté de la station d'épuration d'eau de la REGIDESO N'djili en vue de contrôler régulièrement la dangerosité des effluents déversés dans les écosystèmes aquatiques environnants.

MOTS-CLEFS: Evaluation de la qualité de l'eau, bio-indicateur, macro-invertébrés, *Gambusia affinis*, écosystème aquatique, pollution.

1 INTRODUCTION

Les problèmes liés aux rejets domestiques et industriels conduisent aux différentes maladies qui affectent la santé humaine. Selon l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), 80% des maladies de la planète sont liées en partie à l'insuffisance de l'évacuation des matières fécales et aux intoxications chimiques [1].

Les effluents provenant de la station d'épuration d'eau de la Regideso N'djili installée au quartier Kingabwa à Kinshasa sont accusés de réduire la biodiversité aquatique des rivières Matete et N'djili et d'occasionner certaines maladies chez l'homme. Il devient ainsi urgent de mener des études de manière à valider cette information afin de prendre des mesures qui s'imposent pour sauvegarder la biodiversité. L'apport des effluents en milieu aquatique peut profondément modifier la physico-chimie du milieu récepteur et sa diversité biologique [2, 3]. Ces modifications sont fortement liées au régime hydrologique des hydro-systèmes, à la qualité de l'eau et peuvent provoquer la régression démographique de la biodiversité dans les milieux aquatiques de toutes les régions du monde [4, 5].

Les multiples formes de dégradation de l'habitat physique, l'exploitation halieutique et les pollutions d'origines diverses sont des facteurs anthropiques qui menacent gravement la biodiversité aquatique [6]. L'étude de l'impact de ces apports sur le milieu récepteur se fait à travers des approches multiples liées à la complexité des écosystèmes aquatiques. Toutes ces approches présentent des limites et sont par conséquent complémentaires, d'où l'intérêt de les utiliser conjointement pour palier à certains inconvénients [7-9].

La physico-chimie indique les causes de la perturbation relevée au moment des prélèvements. Ces derniers sont souvent ponctuels dans le temps et peuvent donc être faits avant ou après un rejet. En plus, la physico-chimie ne permet pas d'en prédire les effets et se révèle toujours incomplète au vu du nombre de polluants présents dans les rejets. Ainsi, pour évaluer le degré de pollution des cours d'eau, certains chercheurs recourent à l'analyse de la faune et de la flore présentes à ces endroits et à un moment donné. D'autres encore combinent les deux méthodes tout en recherchant les taxons indicateurs [10].

L'hypothèse émise dans ce travail concerne la réduction de la biocénose des rivières Matete et N'djili par les effluents de la station d'épuration d'eau de la Regideso. Ainsi, cette étude vise la détermination du degré de pollution des effluents provenant de la station d'épuration d'eau de la Regideso située au quartier Kingabwa à Kinshasa. Il s'agit plus spécifiquement, d'étudier la charge microbienne de cette eau, de déterminer les paramètres physico-chimiques des eaux en amont, en aval et au lieu du déversement des effluents et d'analyser la composition spécifique des macro-invertébrés.

2 MILIEU, MATERIEL ET METHODES

2.1 MILIEU ET MATÉRIEL BIOLOGIQUE UTILISÉ

Sept sites ont été sélectionnés sur base du gradient de conductivité préalablement mesurée sur les tronçons de deux cours d'eau : Matete et N'djili .

La figure 1 donne la localisation géographique des sites d'échantillonnage.



Figure 1: Localisation géographique des sites d'échantillonnage

Les prélèvements des échantillons ont été effectués pendant les trois périodes de saison: (1) Fin saison des pluies (S1) : Fin Mai 2010; (2) Début saison sèche (S2) : Début Juin 2011 et (3) Début saison des pluies (S3) : Début Sept 2011. Les caractéristiques des sites sont reprises au Tableau 1.

Tableau 1. Description des sites de prélèvement et leurs caractéristiques

Points de prélèvement	Caractéristiques
1. Quartier Abattoir (A)	Echantillon témoin de la N'djili
2. Sortie de Matete (B)	Echantillon témoin de la Matete
3. Nganda Lokondo (C)	Mélange (brassage) des eaux de la Matete et N'djili ou zone de bon mélange
4. Pont Gecoco (D)	Site victime de la pollution fécale et celle due aux effluents.
5. Lieu de Restitution (E)	Lieu d'évacuation des eaux non traitées au niveau de la Regideso
6. Lieu de déversement des effluents (F)	Site indiquant l'origine de la minéralisation
7. Amont du lieu de déversement (G)	Site qui n'est pas en contact avec la minéralisation

Pour évaluer la qualité de l'eau des rivières Matete et N'djili, nous avons utilisé les macroinvertébrés benthiques et les coliformes.

2.2 MÉTHODES D'ÉTUDE

• Prélèvement des échantillons d'eau

L'eau destinée à l'analyse bactériologique a été prélevée dans des flacons en verre de 250 ml préalablement stérilisés pendant une demi-heure à 120 °C pendant 15 minutes dans l'étuve.

Les flacons étaient rincés plusieurs fois avec l'eau à analyser et fermés hermétiquement sans laisser de bulles d'air puis placés dans une glacière (2 à 4 °C) jusqu'au moment de l'analyse au laboratoire [11].

• Mesure des paramètres physico-chimiques

Quatre facteurs écologiques ont été étudiés : La température (°C), le pH, la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$), la turbidité (UNT) et l'oxygène dissous (mg/l). Ces paramètres ont été mesurés in situ à l'aide d'une sonde multi-paramètres de marque WTW 340i/SET.

- **Analyse bactériologique**

L'analyse bactériologique a été faite pour le dénombrement des germes pathogènes ainsi que l'indicateur de la pollution fécale. La charge microbienne a été réalisée selon la méthode de dilution classique. Brièvement, un millilitre de l'échantillon brut a été prélevé, puis placé dans un tube à essai stérile jusqu'au trait de jauge de 10 ml. Chaque échantillon a été soigneusement homogénéisé dans l'eau physiologique. Les dilutions 10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3} et 10^{-4} , ont été préparées à partir de cette suspension. Un inoculum de 1 ml de chaque dilution a été ensemencé dans une boîte de pétri contenant le milieu de culture gélosé puis incubation dans l'étuve (37 °C-44 °C) pendant 48 heures avant de compter le nombre des colonies. Nous avons utilisé le milieu de Mac Conkey pour éliminer la flore secondaire des produits poly-microbiens et la Trypcase Sulfite Néomycine pour identifier le *Clostridium*.

- **Qualité écologique de l'eau**

La qualité écologique de l'eau a été étudiée à l'aide de la richesse taxonomique et de l'abondance relative. Tandis que l'évaluation de l'impact d'une éventuelle modification du milieu a été faite à partir de l'indice de Shannon-Weaver selon la relation suivante [12] :

$$H = - \sum_{i=1}^S (ni / N) \cdot \log_2 (ni / N)$$

Où, i varie de 1 à S (nombre de taxons), ni : effectif du taxon i; N : effectif total et H' : Indice de diversité de Shannon et Weaver. Dans la nature, la valeur de H' se situe entre 0,5 (très faible diversité) et 4,5 (dans le cas d'échantillons de grande taille de communautés complexes) [13-20]. Du point de vue de la pollution, cet indice permet de distinguer quatre classes de qualité des eaux : (a). $H' > 3$: indique une eau propre ; (b). $2 < H' \leq 3$: indique une eau faiblement polluée ; (c). $1 < H' < 2$: indique une eau moyennement polluée ; d. $H' < 1$: indique une eau polluée [12, 21]. La récolte des macro-invertébrés était réalisée à l'aide d'un filet troubleau de dimension 30x30 cm muni d'un filet conique de 400 µm de maille. Leur identification a été faite à l'aide d'une loupe binoculaire de marque Wild M5 (50x50).

- **Toxicité des effluents**

Pour évaluer la toxicité de la boue de l'usine de traitement d'eau, nous avons utilisé comme modèle (bio-indicateur) le poisson *Gambusia affinis* (Poeciliidae). Ce dernier était pêché dans la rivière Kalamu à Kinshasa. Cinq cent millilitres d'effluent brut prélevé à la station de production d'eau potable de la Regideso N'djili ont constitués la solution mère à partir de laquelle les dilutions ont été préparées. Trois spécimens de *Gambusia affinis* ont été placés dans chaque vivarium pour le test de toxicité. Chaque concentration était reprise cinq fois. Les manifestations ci-après étaient observées : prise d'oxygène de l'air à la surface du vivarium, perte de la mobilité à la nage et mortalité. Les poissons morts ont été immédiatement enlevés des solutions [22].

3 RESULTATS ET DISCUSSION

3.1 PARAMÈTRES MICROBIOLOGIQUES

Dans les sites étudiés, la charge bactérienne des germes totaux a variée avec la saison et l'écoulement des effluents sur la rivière Matete jusqu'à sa jonction avec la rivière N'djili (Figure 2). Une réduction de la charge bactérienne est constatée à proximité du site de rejet mais elle a augmentée tout au long de son parcours jusqu'au point de jonction avec la rivière N'djili.

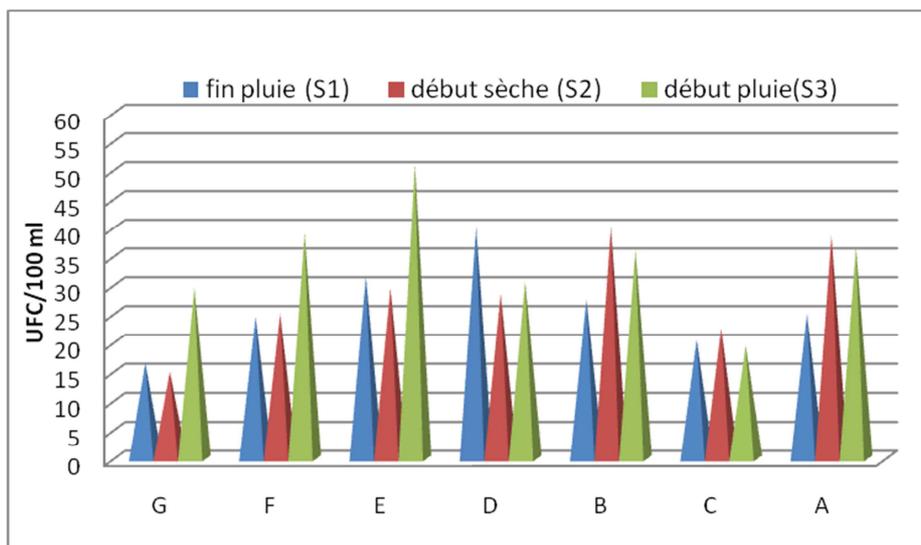


Figure 2: Dénombrement des germes totaux (UFC) (Légende : A à G Sites d'échantillonnage)

Une réduction sensible de croissance des coliformes totaux a été observée pendant les trois périodes d'échantillonnage aux sites proches du lieu de déversement des effluents (G, F et E). Cette croissance des germes augmente vers le point de jonction avec la rivière N'djili (Figure 3).

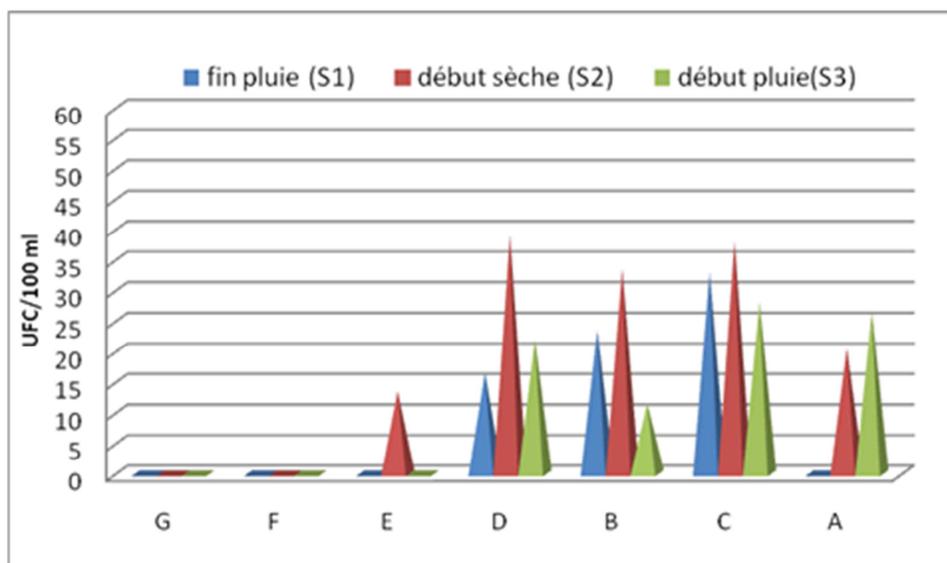


Figure 3: Dénombrement des germes totaux (UFC) (Légende : A à G Sites d'échantillonnage)

Le déversement des effluents de la REGIDESO a un effet inhibiteur sur la croissance des coliformes totaux aux sites proches de décharge quelle que soit la saison. La croissance des coliformes fécaux suit l'allure des coliformes totaux (Figure 4), avec une réduction de résistance pour les coliformes fécaux aux sites de rejet des effluents.

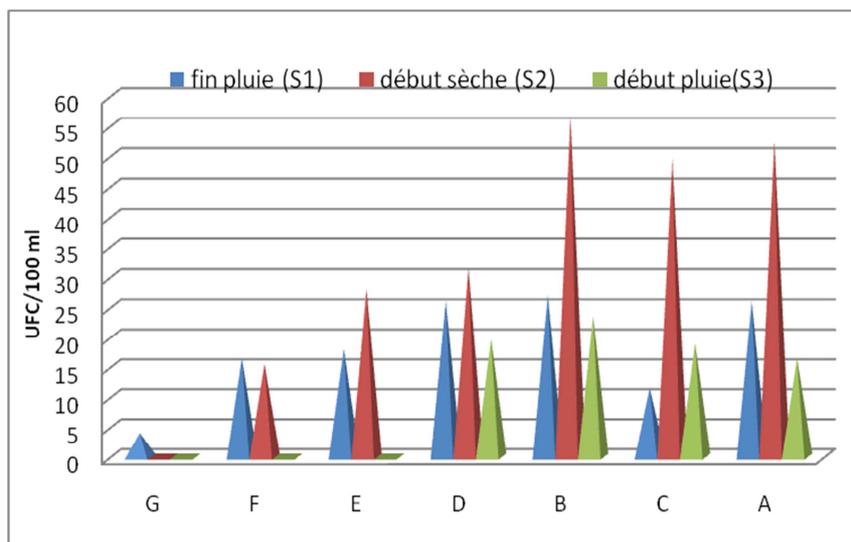


Figure 4: Dénombrement des coliformes fécaux (UFC) (Légende : A à G Sites d'échantillonnage)

On note la prolifération de *Clostridium* (Figure 5) tout au long de la rivière Matete avec une légère différence à la fin de la saison des pluies avec les pics plus élevés pour les *Clostridium*.

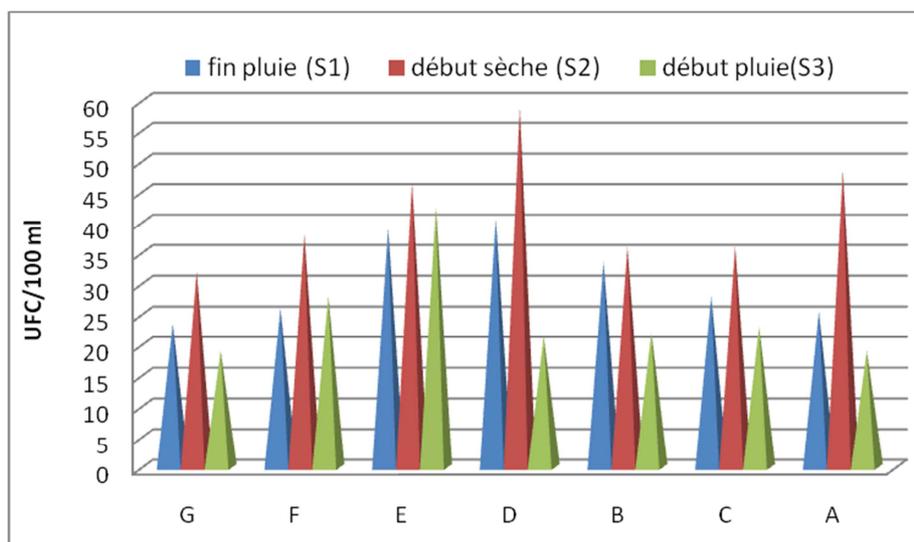


Figure 5: Dénombrement de *Clostridium* (UFC) (Légende : A à G Sites d'échantillonnage)

3.2 PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES

L'eau des rivières Matete et N'djili est légèrement acide. Les valeurs de pH obtenues ont variées avec la période de prélèvement et les sites d'échantillonnage (Figure 6).

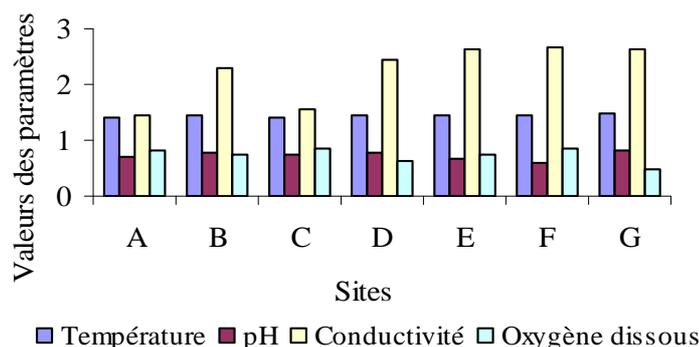


Figure 6. Valeurs des paramètres physicochimiques (T°, pH, Conductivité, Oxygène dissous) des eaux des sites d'étude

La température de l'eau était de 25 °C en moyenne dans les divers sites d'échantillonnage. La conductivité est élevée aux sites G, F et E. Elle diminue vers le point de jonction de deux rivières. Elle est restée maintenue élevée pendant la première période de saison aux sites (D et B) et une augmentation brutale au site C pendant la troisième période de saison (figure 6).

Le déversement des effluents dans les rivières augmente la conductivité, c'est-à-dire la concentration des éléments dissous. Le pic de l'oxygène dissous (figure 6) a été observé aux sites F et G pour la troisième période de saison.

3.3 INDICE DE LA BIODIVERSITE

Les taxons identifiés dans les différentes stations de prélèvement des rivières Matete et N'djili en saison des pluies sont donnés dans le tableau 2.

Tableau 2: Liste des macro-invertébrés benthiques des sites choisis sur les rivières Matete et N'djili en 2011 en saison des pluies

Classe	Ordre	Famille	Sites d'échantillonnage						
			A	B	C	D	E	F	G
			ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
INSECTES	Coléoptères	Carabidae	0	0	2	0	0	0	0
		Hydrophilidae	6	26	13	6	1	0	7
		Spercheidae	0	0	1	0	0	0	0
		Dysticidae	0	0	3	0	0	0	0
	Hémiptères	Nepidae	1	2	19	0	0	0	0
		Naucoridae	21	17	17	0	0	0	0
		Hydrometridae	0	0	0	0	0	0	1
		Hebridae	0	0	0	1	0	0	3
	Plécoptères	Nemouridae	1	0	11	0	0	0	0
		Taeniopterygidae	0	0	0	0	0	0	2
	Tricoptères	Hydropsychidae	0	0	7	1	0	0	0
		Glossosomatidae	1	0	5	0	0	0	0
	Diptères	Syrphidae	0	1	5	0	0	0	0
	Odonates	Libellulidae	5	9	12	0	1	9	15
Coenagrionidae		2	10	0	0	0	0	0	
Lépidoptères	Pyralidae	0	0	0	1	0	0	0	
MALACOSTRACA	Décapodés	Grapsidae	8	0	8	0	0	0	0
GASTEROPODES	Basommatophores	Ancylidae	0	0	8	0	0	0	0
		Lymnaeidae	1	0	9	0	0	0	1
		Physidae	0	2	7	0	0	0	1
CLITELLATES	Lumbriculidae	Chironomidae	13	0	18	0	15	22	19
		Oligochètes	10	45	11	9	17	16	14
		N	69	112	156	18	34	47	63
		H	1,4	0,4	2,8	1,7	1,3	1,3	1,8

(Légende : ni : effectif du taxon i ; N : effectif total, H : Indice de Shannon).

Au total 499 macro-invertébrés benthiques ont été échantillonnés en saison des pluies. Ces organismes appartiennent à 4 Classes, 9 Ordres et 22 familles. La classe des insectes représente à elle seule 72% des spécimens capturés. D'une façon générale, la composition faunistique de la macrofaune benthique de la rivière Matete à Kinshasa ressemble à celle des autres eaux douces africaines [8, 23].

Les macro-invertébrés benthiques récoltés en saison sèche dans les tronçons des rivières Matete et N'djili sont repris au tableau 3.

Tableau 3 : Liste des macro-invertébrés benthiques des sites choisis sur les rivières Matete et N'djili en 2011 en saison sèche

Classe	Ordre	Famille	Sites d'échantillonnage						
			A	B	C	D	E	F	G
			ni	ni	ni	ni	ni	ni	ni
INSECTES	Coléoptères	<i>Carabidae</i>	8	0	0	0	0	3	0
		<i>Hydrophilidae</i>	6	15	0	6	26	9	2
	Hémiptères	<i>Nepidae</i>	0	0	0	1	2	14	13
		<i>Naucoridae</i>	0	0	0	27	39	11	1
		<i>Hebridae</i>	1	0	0	0	0	12	3
	Plécoptères	<i>Nemouridae</i>	0	8	0	10	0	15	19
	Tricoptères	<i>Hydropsychidae</i>	0	0	0	0	0	2	17
		<i>Glossosomatidae</i>	0	0	0	1	0	1	0
	Diptères	<i>Chironomidae</i>	0	0	14	0	0	17	0
		<i>Syrphidae</i>	0	0	0	0	1	15	11
Odonates	<i>Libellulidae</i>	41	11	45	55	24	8	0	
Lépidoptères	<i>Pyrilidae</i>	1	0	0	0	0	14	7	
MALACOSTRACA	Décapodés	<i>Grapsidae</i>	0	0	0	8	0	16	5
GASTEROPODES	Basommatophores	<i>Ancylidae</i>	0	0	9	0	0	7	5
		<i>Lymnaeidae</i>	0	0	1	1	0	19	12
		<i>Physidae</i>	0	0	1	0	25	12	0
		<i>Lumbricidae</i>	0	23	0	3	2	19	0
		<i>Tubificidae</i>	39	33	8	10	91	13	8
MYRIAPODES	Chilopodes	-	14	0	0	0	0	4	8
		N	96	90	78	122	210	207	103
		H	2,1	2,1	1,7	2,4	2,2	2,8	2,9

(Légende : ni : effectif du taxon i ; N : effectif total, H : Indice de Shannon).

En saison sèche, nous avons échantillonné 906 spécimens de macroinvertébrés benthiques appartenant à 4 Classes, 10 Ordres et 18 familles.

La figure 7 donne la variation saisonnière de l'indice de Shannon par site d'échantillonnage. D'une manière générale, l'indice de Shannon varie d'amont en aval dans les tronçons de ces cours d'eau. Cet indice varie de 0,4 à 2,8 en saison des pluies et de 1,7 à 2,9 en saison sèche. Ce qui signifie que les eaux passe de polluées à moyennement polluées en saison des pluies et de moyennement polluées à faiblement polluées en saison sèche. Cette situation pourrait être due à la capacité auto-épuration des eaux courantes naturelles.

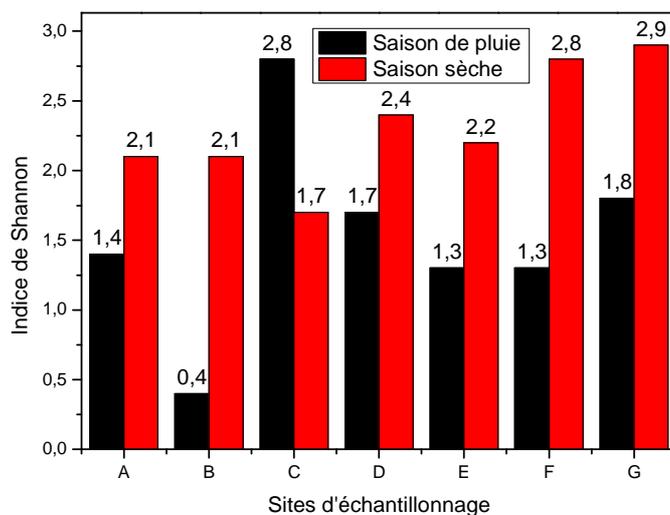


Figure 7 : Variation saisonnière de l'indice de Shannon par site d'échantillonnage

3.4 CARACTERISTIQUES DES EFFLUENTS

3.4.1 PARAMÈTRES PHYSICOCHIMIQUES

o Conductivité

Dans les différentes dilutions préparées à partir de la boue issue du traitement des eaux, la conductivité a varié de 0 $\mu\text{s}/\text{cm}$ à 4652 $\mu\text{s}/\text{cm}$ (Figure 8). Les valeurs obtenues sont faibles dans le témoin (eau sans effluent) et dans les dilutions 1% à 0,0019% de l'effluent. Les dilutions 100%, 75%, 50% et 25% ont présentées des valeurs élevées de conductivité.

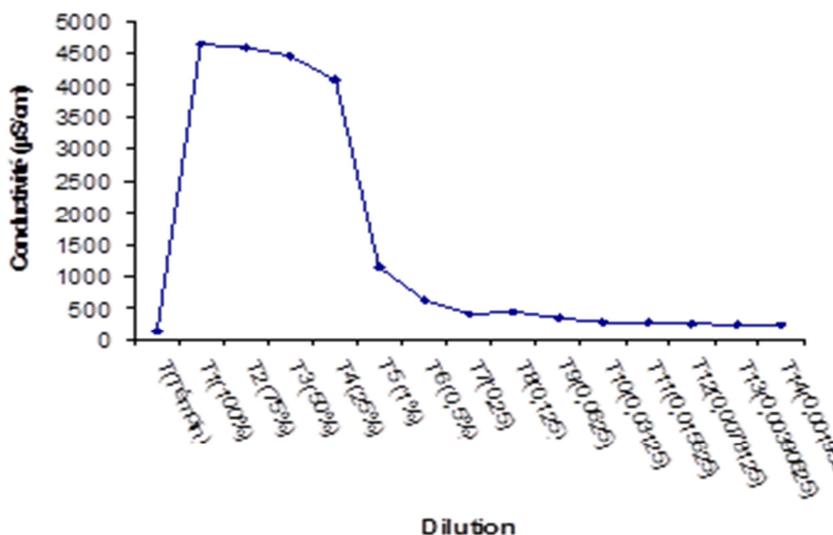


Figure 8 : Variation de la conductivité ($\mu\text{s}/\text{cm}$) à 25 °C en fonction des dilutions préparées à partir de la boue provenant de la station d'épuration de la Regideso N'djili. Salinité

La salinité observée dans les dilutions suit l'allure générale de la conductivité. Elle est faible dans le témoin ainsi que dans les dilutions comprises entre 1% et 0,001951 (T14). Les valeurs élevées ont été observées dans les dilutions fortes [entre 100% (solution mère) et 25%] (Figure 9).

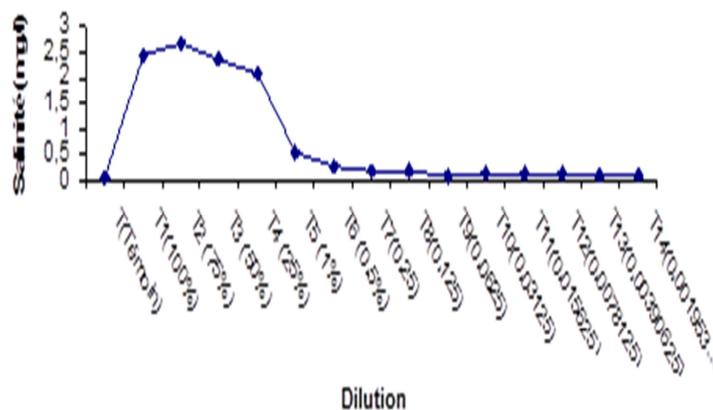


Figure 9 : Variation de la salinité (g/l) en fonction des dilutions préparées à partir de la boue provenant de la station d'épuration de la Regideso N'djili.

o pH

Le pH de dilutions varie de 6,35 à 7,5 (Figure 10). Le pH 7,5 correspond à la dilution 1% tandis que toutes les dilutions ont un pH voisin de 6.

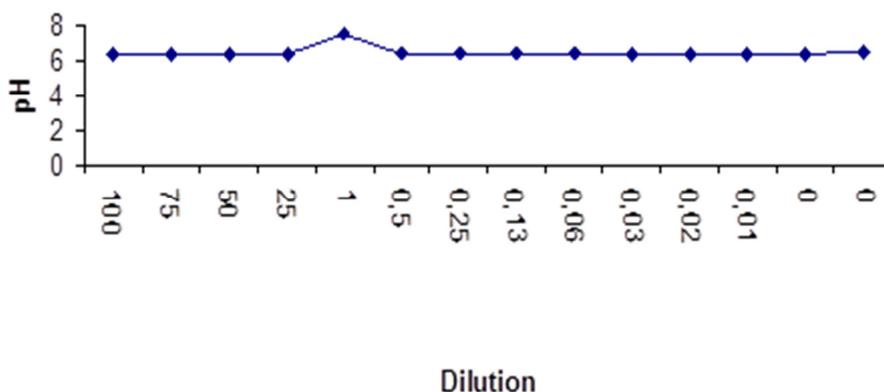


Figure 10 : Variation de pH en fonction des dilutions préparées à partir de la boue provenant de la station d'épuration de la Regideso N'djili.

o Turbidité

Les valeurs de la turbidité obtenues dans les différentes dilutions de la boue issue du traitement des eaux suivent l'allure de la conductivité et de la salinité (Figure 11). Les solutions concentrées sont également turbides.

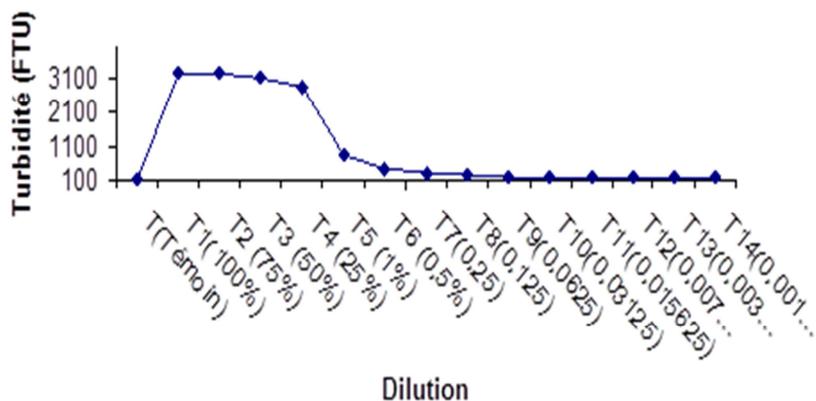


Figure 11 : Variation de turbidité en fonction des dilutions préparées à partir de la boue provenant de la station d'épuration de la Regideso N'djili

3.4.2 TOXICITÉ

La figure donne le taux de mortalité des poissons en fonction de la concentration de la boue provenant de la station d'épuration d'eau de la Regideso N'djili.

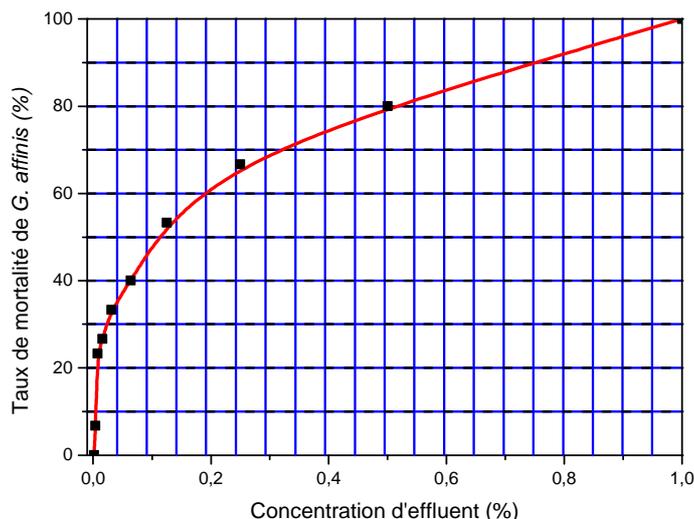


Figure 12: Evolution de la mortalité de *Gambusia affinis* en fonction de la concentration de la boue

Il ressort cette figure que les effluents bruts (T1) sont très toxiques vis-à-vis de *Gambusia affinis* et cette toxicité diminue avec les dilutions. La concentration létale pouvant éliminer 50% d'individus est de 0,109%.

4 CONCLUSION ET SUGGESTIONS

Cette étude avait pour objectif d'évaluer les effets des effluents de la station d'épuration d'eau de la REGIDESO N'djili sur la qualité de l'eau des rivières Matete et N'djili à Kinshasa.

Les résultats obtenus ont montré une variation de la charge microbienne en fonction des points de rejet des effluents chimiques, ce qui signifie que l'eau de la rivière Matete est polluée. Le déversement des effluents chimiques sur la rivière Matete a un effet inhibiteur sur la charge bactérienne globale (coliformes totaux et fécaux) tandis que les *Clostridium* ont proliféré en présence des effluents chimiques. A l'exception de la température, le pH, l'oxygène dissous et la conductivité ont été influencés par les effluents de la REGIDESO.

Une pauvreté en macro-invertébrés a été observée aux stations situées en aval du lieu de déversement des effluents, ce qui traduit la toxicité de ces derniers. L'indice de Shannon a indiqué que l'eau de la rivière Matete est polluée au point de déversement et occasionne la réduction de la biodiversité. Ces résultats ont été confirmés par le bio-test au *Gambusia affinis*.

Il est donc souhaitable d'installer un système monitoring à côté de la station d'épuration d'eau de la REGIDESO N'djili en vue de contrôler régulièrement la dangerosité des effluents déversés dans les écosystèmes aquatiques environnants.

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient le Commissariat Général à l'Energie Atomique/Centre Régional d'Etudes Nucléaires de Kinshasa (C.G.E.A/C.R.E.N-K) et le laboratoire d'Eco-toxicologie de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa pour leur assistance technique.

REFERENCES

- [1] PNUE/OMS. Recommandation pour la surveillance sanitaire des zones côtières à usage récréatif et des zones conchylicoles. Bureau régional de l'OMS pour l'Europe, Copenhague, 1977.
- [2] S.K. Mokala, J.M. Mathooko, M. Leichtfried. Influence of antropogenic activities on water quality of a tropical stream ecosystem. African Journal of Ecology Vol. 42, pp. 281-288, 2004.
- [3] S.C. Edberg, E.W. Rice, R.J. Karlin, M.J. Allen. *Escherichia coli*: the best biological drinking water indicator for public health protection. Journal of Applied Microbiology Vol. 88, pp. 106S-116S, 2000.
- [4] D.E. Musibono. Ecotoxicologie, notes de cours: deuxième licence en environnement. Université de Kinshasa, RD Congo, 2003.
- [5] B.H. Shomar, G. Muller, A. Yahya. Seasonal variations of chemical composition of water and bottom sediments in the wetland of Wadi Gaza, gaza Strip, Wetlands Ecology and management Vol. 13, pp. 419-431, 2005.
- [6] K. Tshijik, S.N. Ifuta, A.N. Mbaya, V.K. Pwema. Influence du substrat sur la répartition des macro-invertébrés benthiques dans un système lotique : cas des rivières Gombe, Kinkusa et Mangengenge. International Journal of Biological & Chemical Sciences Vol. 9, no. 2, pp. 970-985, 2015.
- [7] J.M. Matooko, G.O. Morara, M. Leichtfried. The effect of different anthropogenic disturbances on benthic plant coarse particulate organic matter in a tropical Rift valley stream; Notes and records. African Journal of ecology Vol. 39, pp. 310-312, 2001.
- [8] D. Zirirane, J.J. Bagalwa, M. Isumbisho, M. Mulengezi, I. Mukomba, M. Bora, J.M. Mucheso, A. Lukamba, G. Iragi, B. Irengé, F. Kibangu, R. Kamangala. Evaluation comparée de la pollution des rivières Kahuwa et Mpungwe par l'utilisation des caro-invertébrés benthiques. Vertigo-la revue électronique en Sciences de l'environnement [En ligne] Vol. 14, no. 3,, 2014. URL: <http://vertigo.revues.org/15365>; DOI: 10.4000/vertigo.15365.
- [9] Y.Y. Baraille, X.F. Garcia, J. Gagneur. Impact of the longitudinal and seasonal changes of the water quality on benthic macroinvertebrate assemblages of the Andorran streams. Compte rendu Biologies, pp. 328-976, 2005.
- [10] J.B. Wallace, J.R. Webster. The role of macro-invertebrates in stream ecosystem function. Annual review of entomology Vol. 41, no. 1, pp. 115-139, 1996.
- [11] A. Aminot, R. Kerouel. Hydrologie des écosystèmes marins. Paramètres et analyses. Éd. Ifremer, 336p., 2004.
- [12] V. Kapoor, J. White. Conservation biology: a training manual for biological diversity and genetic resources, U.K, 1992.
- [13] J.A. Asimonyio, K. Kambale, E. Shutsha, G.N. Bongo, D.S.T. Tshibangu, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Phytoecological Study of Uma Forest (Kisangani City, Democratic Republic Of The Congo). J. of Advanced Botany and Zoology, V3I2. DOI: 10.15297/JABZ.V3I2.01, 2015.
- [14] J.A. Asimonyio, J.C. Ngabu, C.B. Lomba, C.M. Falanga, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Structure et diversité d'un peuplement forestier hétérogène dans le bloc sud de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 18, no. 2, pp. 241-251, 2015.
- [15] P. Baelo, J.A. Asimonyio, S. Gambalemoke, N. Amundala, R. Kiakenya, E. Verheyen, A. Laudisoit, K.N. Ngbolua. Reproduction et structure des populations des Sciuridae (Rodentia, Mammalia) de la réserve forestière de Yoko (Ubundu, RD Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 23, no. 2, pp. 428-442, 2016.
- [16] J.-L.K. Kambale, J.A. Asimonyio, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Tsongo, P.K. Kavira, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, P.T. Mpiana, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des forêts dans le domaine de chasse de Rubi-Télé (Province de Bas-Uélé, République Démocratique du Congo). International Journal of Innovation and Scientific Research, Vol. 24, no. 2, pp. 309-321, 2016.

- [17] J.-L.K. Kambale, R.E. Shutsha, E.W. Katembo, J.M. Omatoko, F.B. Kirongozi, O.D. Basa, E.P. Bugentho, E.I. Yokana, K.K. Bukasa, H.S. Nshimba, K.N. Ngbolua. Etude floristique et structurale de deux groupements végétaux mixtes sur terre hydromorphe et ferme de la forêt de Kponyo (Province du Bas-Uélé, R.D. Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol. 24, no. 2, pp. 300-308, 2016.
- [18] J. Omatoko, H. Nshimba, J. Bogaert, J. Lejoly, R. Shutsha, J.P. Shaumba, J. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Etudes floristique et structurale des peuplements sur sols argileux à *Pericopsis elata* et sableux à *Julbernardia seretii* dans la forêt de plaine de UMA en République Démocratique du Congo. *International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol. 13, no. 2, pp. 452-463, 2015.
- [19] E.Y. Isangi, E.M. Katungu, C.K. Mukirania, J.K. Kosele, P. Baelo, E.P. Bugentho, S. Gambalemoke, J.A. Asimonyio, K.N. Ngbolua. Biodiversité des rongeurs et musaraignes de la forêt de Yasikia (Opala, République Démocratique du Congo). *International Journal of Innovation and Scientific Research* Vol. 26, no. 1, pp. 146-160, 2016.
- [20] J.B. Akuboy, F. Bapeamoni, G. Tungaluna, G.B. Badjedjea, L. Baelo, J.A. Asimonyio, A. Laudisoit, A. Dudu, K.N. Ngbolua. Diversité et répartition des ophidiens (Reptilia) dans les trois aires protégées de la province orientale RD Congo. *International journal of innovation and Scientific Research* Vol. 23, no. 2, pp. 476-484. 2016.
- [21] M. Evrard. Utilisation des exuvies nymphales de Chironomidae (Diptera) en tant qu'indicateurs biologiques de la qualité des eaux de surface wallonnes. Thèse de Doctorat, Facultés Universitaires Notre Dame de la Paix (Namur, Belgique), 1996.
- [22] A.N. Kusonika, D.E. Musibono, T.T. Tangou, R.V. Gizanga, C.I. Nsimanda, H.T. Nkoba. Cartographie numérique des zones à risque chimique de l'environnement de Kinshasa. *International Journal of Innovation and Applied Studies* Vol. 15, no. 3, pp. 565-572, 2016.
- [23] M.S. Foto, T.S.H. Zebaze, T.N.L. Nyamsi, G.A. Ajeegah, T. Njiné. Évolution spatiale de la diversité des peuplements de macroinvertébrés benthiques dans un cours d'eau anthropisé en milieu tropical (Cameroun). *European Journal of Scientific Research* Vol. 55, no. 2, pp. 291-300, 2011.

ANNEXE: RESULTATS DU BIOTEST

Concentration (%)	Nbre	Temps d'exposition (heure)				Total survivants	Taux (%)	
		24	48	72	96		Survie	Mortalité
T (Témoin)	15	15	15	15	15	15	100	0
T1 (100)	15	0	0	0	0	0	0	100
T2 (75)	15	0	0	0	0	0	0	100
T3 (50)	15	0	0	0	0	0	0	100
T4 (25)	15	0	0	0	0	0	0	100
T5 (1)	15	0	0	0	0	0	0	100
T6 (0,5)	15	9	6	5	3	3	20	80
T7 (0,25)	15	10	11	6	5	5	33,3	66,7
T8 (0,125)	15	13	9	9	7	7	46,7	53,3
T9 (0,064)	15	13	13	11	9	9	60,0	40
T10 (0,031)	15	15	14	12	10	10	66,7	33,3
T11 (0,016)	15	15	13	11	11	11	73,3	26,7
T12 (0,008)	15	15	14	14	13	13	86,7	23,3
T13 (0,004)	15	15	14	14	14	14	93,3	6,7
T14 (0,002)	15	15	15	15	15	15	100	0