

Impact des Rejets Industriels sur la Qualité des Eaux Superficielles en Milieu Industriel dans la Ville de Kinshasa, R.D. Congo.

BOKO L.F.^{1*}, MUSIBONO D.E.²

Paper History

Received:

April 9, 2018

Revised:

September 9, 2018

Accepted:

December 12, 2018

Published:

March 27, 2019

Keywords:

Pollution, industrial wastewater, toxic, Limete, Kinshasa.

ABSTRACT

Impact of industrial discharges on the quality of surface water in the industrial environment in Kinshasa, D.R. CONGO.

This study aimed to determine the level of selected contaminants in three industrial effluents as discharged into receiving waters from Limete area (Kinshasa, D R Congo). Indeed, raw effluents are discharged without any pretreatment polluting therefore receiving ecosystems. Physicochemical parameters (pH, temperature, SS, BOD5) and metal elements (Aluminum, Arsenic, Cadmium, Mercury and Lead) were determined in oil, cosmetic and match industries effluents. Results showed that physical (SS and BOD5) and chemical parameters values (Aluminum, Arsenic, Cadmium, Mercury and Lead), were higher than those of WHO standards guidelines. The whole effluent toxicity testing using fish model confirmed that all effluents as discharged were very toxic (i.e. 0.31, 0.42 and 0.62).

¹Institut Supérieur de Techniques Appliquées/ Kinshasa- Ndolo. Avenue de l'aérodrome n° 61-63, Commune de Barumbu B.P. 6593, Kinshasa 31 ;

²Université de Kinshasa Faculté des Sciences, Département de l'environnement, unité d'écotoxicologie, B.P. 190, Kinshasa XI.

* To whom correspondence should be addressed: bokoisayambo@gmail.com

INTRODUCTION

La pollution industrielle est un défi majeur auquel sont confrontés les environmentalistes du monde entier. Même le changement climatique est une des conséquences délétères de la pollution, surtout industrielle utilisant des combustibles fossiles. En République Démocratique du Congo (RDC) en général et à Kinshasa en particulier, aucune disposition n'est prise pour prétraiter des effluents industriels déversés dans l'environnement récepteur [MUSIBONO et al. 2006]. Pourtant, ces rejets polluent les eaux réceptrices et perturbent la physiologie des écosystèmes aquatiques [USEPA, 2002].

Si l'attention du public est surtout frappée par l'insalubrité due aux ordures ménagères, il existe cependant une autre catégorie de déchets plus dangereux auxquels on ne fait pas souvent allusion. Il s'agit des effluents des industries de transformation et de production des produits finis rejetés directement dans les cours d'eau [MUSIBONO et DAY, 1999].

En RDC, parmi les raisons de la baisse de qualité de l'eau, la croissance démographique toujours plus forte, l'urbanisation rapide, le rejet de nouveaux organismes pathogènes et de nouveaux produits chimiques provenant

des industries et d'espèces invasives en sont les principaux facteurs qui contribuent à la pollution de l'eau [BOTENS et ROTILLONG, 2007].

A Kinshasa, le quartier industriel de Limete, où sont implantées la majorité d'industries manufacturières et de transformation de la ville, notamment les industries cosmétiques, pharmaceutiques, chimiques, alimentaires, métalliques, peintures, bois, de fabrication d'allumettes, souffre des mêmes pratiques et les cours d'eau riverains sont transformés en égouts recevant des effluents bruts chargés des tonnes de polluants toxiques, changeant fréquemment la couleur des eaux des drains, collecteurs et de la rivière Yolo.

En effet, la rivière Yolo qui prend sa source sur les versants du Mont-Amba dans la commune de Lemba traverse trois communes : Lemba, Ngaba et Limete, est longue de 12 km et large de 3 à 5 m, profonde de 1 à 3 m et alimentée par des eaux des divers ruisseaux. Le bassin de Yolo (10,58 km²) compte quelques grands collecteurs en dehors des ruisseaux qui l'alimentent en eau. Son débit est de 5,25 m³/s, tandis que le débit de crue de novembre et décembre est de 64,47 m³/s. La baisse du débit est la conséquence des rejets d'ordures par la population riveraine, qui considère la rivière comme une décharge publique naturelle. Comme la rivière Kalamu, la Yolo est bétonnée partiellement en aval où les eaux sont canalisées [MUSIBONO et al. 2006]

Les **Figures 1** et **2** illustrent le changement de la couleur des eaux qui aboutissent à la Yolo, respectivement les couleurs des eaux du drain secondaire à la 15ème rue par les effluents de fabrication des allumettes (**Figure 1**) et du collecteur principal à la 4ème rue par les effluents cosmétiques (**Figure 2**).



Figure 1 | Effluents de fabrication des allumettes (Photo par Boko. F, 2016).



Figure 2 | Effluents de fabrication des produits cosmétiques (Photo par Boko. F, 2016)

Cette publication, se focalise sur l'analyse de trois industries dont les effluents ne sont jamais prétraités. Il s'agit de vérifier si les normes de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) sur le rejet des effluents sont respectées par les trois industries de transformation installées dans la ville de Kinshasa et de déterminer le niveau de toxicité de chaque rejet grâce aux tests biologiques idoines sur modèle animal [AUGIER, 2008].

MATERIEL ET METHODES

Site d'étude

Kinshasa, capitale de la République Démocratique du Congo, est située entre la latitude 4°19'39" Sud et la longitude 15°18'48" Est, au Sud-ouest du pays. Le choix de Kinshasa est justifié par le fait qu'il s'agit de la capitale du pays, le centre de décisions administratives. A ce titre, à l'instar des autres grandes villes du pays, Kinshasa connaît une intense prolifération d'unités industrielles et une urbanisation spectaculaire enregistrant pour ce faire, une intense migration et un exode rural massif. Comme son nom l'indique, le quartier Limete Industriel, d'une superficie de 6.760.000 mètres carrés et une population estimée à plus de 35.536 habitants est situé dans la partie Nord- Est de la ville et aménagé pour servir aux différentes activités industrielles, ce quartier continu à jouer son rôle de « moteur » de l'économie de la ville et du pays.

Echantillonnage

Les prélèvements des échantillons des effluents ont été effectués au cours de trois campagnes en juin, juillet et août 2014, dans trois structures industrielles : cosmétique, pétrolière et fabrication des allumettes (**Figure 3**).



Figure 3 | Localisation de trois industries étudiées génératrices d'effluents rejetés dans le quartier Industriel de Limete.

Le choix de ces entreprises se justifie par la possibilité d'accès pour le prélèvement des effluents bruts, contrairement aux autres unités industrielles où les effluents n'étaient disponibles qu'après leur rejet dans les drains et collecteur. Nous avons estimé qu'à ce niveau de rejet, les effluents connaissent une certaine dilution ou seraient entrés en contact avec d'autres substances toxiques, capables de les dénaturer.

Pour chaque industrie, trois échantillons d'effluents bruts ont été prélevés à l'aide des bouteilles en plastique de 1L, remplies jusqu'à ras-bord et préalablement rincées avec l'eau du site de rejet. Ils ont été conservés à 4°C et expédiés respectivement au centre de Recherche Nucléaire de Kinshasa et au Laboratoire d'écotoxicologie, Santé des écosystèmes et Microbiologie environnementale de la Faculté des Sciences de l'Université de Kinshasa pour les analyses et les tests toxicologiques.

Méthodes d'analyses et paramètres mesurés

Paramètres physicochimiques

Les paramètres physicochimiques ci-après ont été évalués : le potentiel d'hydrogène (pH), la température (T°C), la demande biochimique en oxygène (DBO₅), les matières en suspension (MES) et les éléments métalliques l'Aluminium (Al), l'Arsenic (As), le Cadmium (Cd), le Mercure (Hg) et le Plomb (Pb). Ces indicateurs de pollution sont importants pour plusieurs raisons: le potentiel d'hydrogène (pH) mesure l'acidité ou le caractère alcalin de l'eau, et joue un rôle important dans la définition du caractère agressif ou incrustant de l'eau; la température (T) joue un rôle important car elle influence le métabolisme général et la solubilité des gaz dans l'eau. Une élévation de la température supérieure à 3°C peut perturber fortement le milieu récepteur (pollution thermique) et les matières en suspension. La demande biochimique en oxygène (DBO₅) est un indicateur de pollution organique des eaux ; elle exprime le niveau de biodégradabilité de l'effluent après 5 jours d'incubation à l'obscurité. Elle s'exprime en milligramme d'oxygène par litre (mg O₂/L); les matières en suspension (MES) sont responsables de la turbidité et de la couleur de l'eau et les éléments métalliques, souvent utilisés comme stabilisants dans la fabrication des colorants industriels sont, par le phénomène de bioaccumulation, considérés comme

mutagènes, cancérigènes et tératogènes [BERTOLINI, 1990].

Dans chacun des sites, la température et le pH ont été mesurés in situ à l'aide d'un multimètre HACH HQ 40 d. Les différentes analyses des échantillons d'eau ont été réalisés suivant les protocoles des normes spécifiques, notamment ISO 15705 pour la DCO, NF EN 872 pour les MES, tandis que la DBO₅ était déterminée par la méthode manométrique. Le Centre de Recherche Nucléaire de Kinshasa (CRENK) ainsi que le laboratoire d'écotoxicologie, Santé des écosystèmes et Microbiologie Environnementale de la Faculté des Sciences/Université de Kinshasa ont servi de cadre pour ces analyses.

Caractérisation des effluents

Pour caractériser les effluents industriels, nous avons opté pour les méthodes de biotest statique sur modèle animal (*Gambusia affinis*) afin de déterminer les concentrations létales.

Analyse statistique des données

L'ensemble des données a été soumis à une analyse de variance à un critère de classification. Une comparaison des moyennes selon le test de Fisher (LSD) au seuil de signification de 5% a été également réalisée. Le logiciel Excel 10 a servi à la représentation graphique des résultats [MERENNE- SCHOUMAKER, 2002].

RESULTATS

Les résultats de cette étude sont comparés aux directives internationales définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS), étant donné que la RDC ne dispose pas encore des normes relatives aux rejets domestiques et industriels dans les différents milieux récepteurs.

Caractéristiques physiques des effluents

Le **Tableau 1** reprend les valeurs des paramètres physiques trouvées dans les effluents.

La température et le potentiel hydrogène des effluents respectent les normes de rejet de l'OMS. Tandis que les teneurs en MES (57,25 à 405,14 mg O₂/L) et DBO₅ (325 à 3987 mg O₂/L) varient de 5 à 10 fois supérieures à la valeur limite.

Table 1| Paramètres physiques des effluents industriels

Industrie	Paramètres physiques des eaux usées (Normes OMS) ¹			
	T °C	pH	MES (mg O ₂ /L)	DBO ₅ (mg O ₂ /L)
Industrie Pétrolière (FINA)	27,5	7,9	57,25	325
Industrie cosmétique (GANDOUR)	27,4	6,9	328,08	3568
Industrie des allumettes (SOGALCO)	27,5	6,9	405,14	3987
Normes OMS	< 30° C	6.5 – 8.5	< 20(mg O ₂ /L)	30 (mg O ₂ /L)

¹ <https://docplayer.fr/11724596-Les-normes-des-eaux-de-rejet.html>, consulté le 25 mars 2017.

Le **Tableau 2** reprend les valeurs des paramètres chimiques trouvées dans les effluents.

Table 2|Paramètres chimiques des effluents industriels

Eléments chimique	Industrie Cosmétique (GANDOUR)		Industrie pétrolière FINA		Industrie des allumettes SOGALCO	
	Concentration (mg/L) obtenue	Normes OMS (mg/L)	Concentration (mg/L) obtenue	Normes OMS (mg/L)	Concentration (mg/L) Obtenue	Normes OMS (mg/L)
Aluminium	20,0	5	< 20,0	2,8883	2660	11,6673
Arsenic	0,5	0,1	< 0,5	0	< 0,5	0
Cadmium	2,0	0,1	< 0,2	4,0599	3,7	6,1704
Mercure	1,0	0,01	< 1,0	0	< 0,1	0
Plomb	0,4	0,2	0,6	0	6,6	23,1633

Tous les effluents ont donné des concentrations supérieures aux normes limites de l'OMS en Aluminium (Al), plus de 4 fois pour l'industrie cosmétique, 10 fois pour l'industrie pétrolière et 240 fois pour l'industrie de fabrication des allumettes ; en Arsenic (As), plus de 5 fois pour toutes les industries ; en Cadmium (Cd), 20 fois pour l'industrie cosmétique ; en Mercure (Hg) plus de 100 fois pour l'industrie cosmétique et 0,1 fois pour les industries pétrolières et de fabrication des allumettes et en Plomb (Pb), plus de 2 fois pour l'industrie cosmétique et 6 fois plus pour l'industrie pétrolière.

Evaluation de la toxicité aiguë des effluents

Industrie cosmétique (GANDOUR)

La **Figure 4** indique la concentration létale des effluents de l'industrie cosmétique GANDOUR.

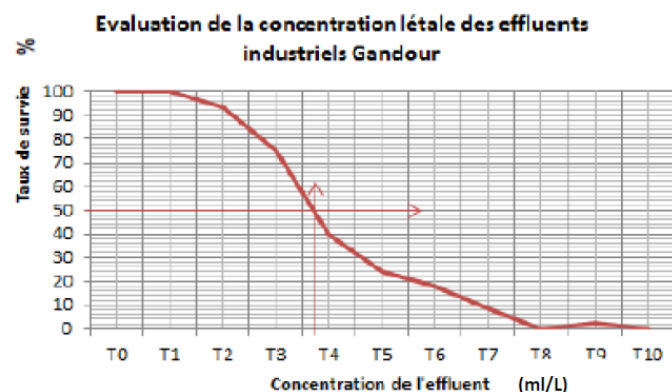


Figure 4| Concentration létale des effluents de l'industrie cosmétique GANDOUR.

Note : T0 (100 mL d'eau uniquement) ; T1 (10 mL d'effluents + 90 mL d'eau) ; T2 (20 mL d'effluents + 80 mL d'eau) ; T3 (30 mL d'effluents + 70 mL d'eau) ; T4 (40 mL d'effluents + 60 mL d'eau) ; T5 (50 mL d'effluents + 50 mL d'eau) ; T6 (60 mL d'effluents + 40 mL d'eau) ; T7 (70 mL d'effluents + 30 mL d'eau) ; T8 (80 mL d'effluents + 20 mL d'eau) ; T9 (90 mL

d'effluents + 10 mL d'eau) et T10 (100 mL d'effluents uniquement)

La concentration létale moyenne des effluents cosmétiques est de 42 mL d'effluent cosmétique (GANDOUR) par 100 mL de mélange, soit la dilution 0,42.

Industrie pétrolière (FINA)

La **Figure 5** indique la concentration létale des effluents de l'industrie pétrolière FINA.

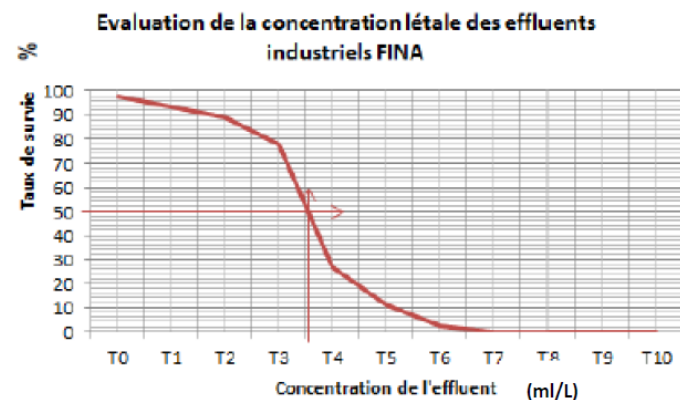


Figure 5| Concentration létale des effluents de l'industrie pétrolière FINA

Note : T0 (100 ml d'eau uniquement) ; T1 (10 mL d'effluents + 90 mL d'eau) ; T2 (20 mL d'effluents + 80 mL d'eau) ; T3 (30 mL d'effluents + 70 mL d'eau) ; T4 (40 mL d'effluents + 60 mL d'eau) ; T5 (50 mL d'effluents + 50 mL d'eau) ; T6 (60 mL d'effluents + 40 mL d'eau) ; T7 (70 mL d'effluents + 30 mL d'eau) ; T8 (80 mL d'effluents + 20 mL d'eau) ; T9 (90 mL d'effluents + 10 mL d'eau) et T10 (100 mL d'effluents uniquement).

La concentration létale moyenne des effluents de l'industrie pétrolière est de 31 mL d'effluents par 100 mL de mélange.

Industrie des allumettes (SOGALCO)

La Figure 6 indique la concentration létale des effluents de l'industrie des allumettes SOGALCO.

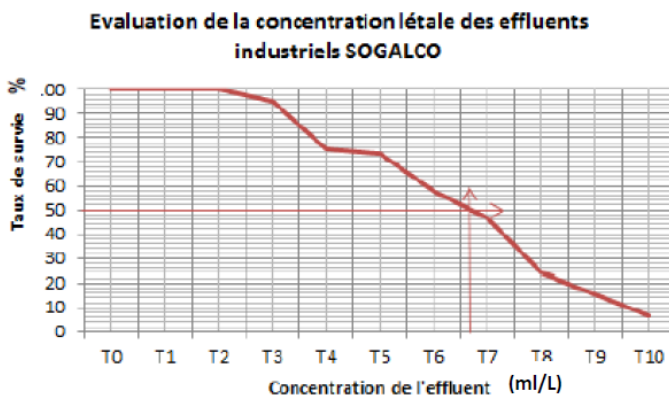


Figure 6] Concentration létale des effluents de l'industrie des allumettes SOGALCO.

Note : T0 (100 mL d'eau uniquement) ; T1 (10 mL d'effluents + 90 mL d'eau) ; T2 (20 mL d'effluents + 80 mL d'eau) ; T3 (30 mL d'effluents + 70 mL d'eau) ; T4 (40 mL d'effluents + 60 mL d'eau) ; T5 (50 mL d'effluents + 50 mL d'eau) ; T6 (60 mL d'effluents + 40 mL d'eau) ; T7 (70 mL d'effluents + 30 mL d'eau) ; T8 (80 mL d'effluents + 20 mL d'eau) ; T9 (90 mL d'effluents + 10 mL d'eau) et T10 (100 mL d'effluents uniquement)

La concentration létale moyenne des effluents de l'industrie des allumettes est de 62 mL d'effluent d'allumettes SOGALCO par 100 mL de mélange, soit la dilution de 0,62.

Les concentrations létales de différentes unités industrielles (f calculé $3,4 < \text{de table } 2,38$) montrent une différence non significative ($p < 0,005$). Par rapport aux différentes doses appliquées, les dilutions (v/v) de 60,70, 80, 90 et 100 mL d'effluents par 100 mL de mélange ont donné des concentrations létales semblables, suivies de 50 et 40 mL d'effluent par 100 mL de mélange.

Ceci indique que l'effluent de pétrole est plus toxique que celui de cosmétique et d'allumettes, correspondant respectivement aux dilutions de 0,31, 0,42 et 0,62.

DISCUSSION

Les valeurs de température et de pH des échantillons analysés sont conformes à la norme internationale de rejet (6,5-8,5). En ce qui concerne les MES et DBO5, les valeurs des échantillons analysés sont supérieures à la norme limite, respectivement de 5 à 10 fois supérieures. Ce qui implique une pollution des effluents industriels. En effet, la présence de MES dans un cours d'eau influe négativement sur la photosynthèse et perturbe les échanges gazeux entre le milieu atmosphérique et aquatique. En outre, la dégradation de MES dans le milieu aquatique conduit à la forte consommation en oxygène, réduit la teneur en oxygène dissous indispensable à la faune et flore des écosystèmes aquatiques récepteurs et peut entraîner la mort par asphyxie avec pour conséquence l'apparition des zones

anoxies, les émissions de gaz de mauvaise odeur, etc. [MUSIBONO, 1999].

En Algérie, les résultats obtenus en analysant les paramètres physico-chimiques indicateurs de pollution (DBO5, MES, nitrates et nitrites, ammonium, phosphates et matières organiques) des eaux de l'oued Beni Aza pour l'irrigation montrent que le cours d'eau est exposé à une forte pollution, principalement d'origine organique, dépassant largement les normes de l'OMS. Par conséquent, son utilisation pose un problème majeur de santé publique [HAKIM et al., 2012].

Au Maroc, l'étude menée sur l'impact de trois stations d'eaux résiduaires localisées sur les eaux de la nappe souterraine (dix puits proches) utilisées par la population riveraine comme eau de consommation, a révélé une pollution chimique des eaux de la nappe par des teneurs en chlorures dépassent 1000 mg/L, en nitrates atteignant 76,68 mg/L, des DBO5 et DCO élevées pouvant atteindre respectivement 32 et 661 mg d'O2/L [HASSOUNE et al., 2006].

En Côte-d'Ivoire, des analyses physico-chimiques réalisées sur 36 échantillons de rejets industriels indiquent des valeurs extrêmes des paramètres de pollution (DCO, DBO5, MES et MGT respectivement de 1392,83 mg O2/L, 910,03 mg O2/L, 231,53 mg/L et 332,67 mg/L), largement supérieures à la norme ivoirienne. Ce qui indique que la zone urbaine d'Abidjan est polluée [DONGO, et al. 2012]

Ainsi, la présence des éléments traces métalliques (ETM) en concentration supérieure dans les milieux aquatiques induit des effets dévastateurs sur la balance écologique de l'environnement aquatique [BERG et HASSENZAHN, 2009]. Bien que la concentration du Plomb soit inférieure aux normes de rejet, les milieux aquatiques sont très sensibles aux éléments traces métalliques par la coexistence des phénomènes de bioaccumulation et de bioamplification. En effet, ces éléments traces se concentrent dans l'eau et les microorganismes aquatiques entraînant ainsi leur bioaccumulation dans les ressources aquatiques. Ces organismes vivants peuvent accumuler les polluants (dont les éléments traces) à des concentrations supérieures à celles de leur biotope [GIZANGA et al., 2016].

Les concentrations létales de différentes unités industrielles (f calculé $3,4 < \text{de table } 2,38$) montrent une différence non significative ($p < 0,005$). Par rapport aux différentes doses appliquées, les doses de 60,70, 80, 90 et 100 mL d'effluents par 100 mL de mélange ont donné des concentrations létales semblables, suivies de 50 et 40 mL d'effluents par 100 mL de mélange. Les résultats des biotests indiquent que tous les effluents bruts sont toxiques, avec des concentrations létales correspondant respectivement aux dilutions de 0, 31 pour les effluents pétroliers, 0,42 pour le cosmétique et 0,62 pour les effluents d'allumettes.

CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Ces résultats montrent que les concentrations en DBO5, MES et des éléments métalliques des effluents des industries étudiées sont relativement très élevées dans toutes les unités industrielles échantillonnées, et dépassent largement les normes ou directives fixées par l'OMS et la Banque Mondiale [VALLEE, 2002]. En plus de la dégradation des matières en suspension qui induit des effets dévastateurs sur la balance écologique de l'environnement aquatique et la contamination de la chaîne alimentaire par les éléments métalliques, nous pouvons affirmer que l'environnement aquatique du quartier Limete dans la ville de Kinshasa est pollué et que cette pollution engendre des problèmes environnementaux, notamment le dégagement d'odeurs nauséabondes, la prolifération des maladies hydriques et la dégradation rapide de cadre et conditions de vie des populations riveraines et la contamination de la chaîne alimentaire qui aboutit à l'homme [AUGIER, 2008].

Face à cette situation, nous recommandons aux entreprises l'adoption des principes d'une économie circulaire, à savoir l'éco - conception, l'éco - gestion et la gestion in situ des déchets. Aux décideurs, l'organisation des campagnes de sensibilisation à l'endroit des entreprises et d'adjoindre, dans la mesure du possible, des contraintes juridico-administratives car à ce jour, rien ne les oblige à prétraiter leurs effluents [BANQUE MONDIALE, 1998].

Dans le cadre des travaux de recherches futurs, il sera question de quantifier les risques associés à l'exposition aux toxiques industriels, de manière à pouvoir préciser un niveau admissible d'exposition et formuler les mesures de prévention adéquates par des études écotoxicologiques appropriées, indispensables dans ce pays où les villes sont de grandes poubelles et rivières urbaines des égouts à ciel ouvert.

En attendant, des mesures d'urgence devraient interdire l'utilisation des eaux du cours d'eau qui drainent le quartier Industrie en particulier, et la commune de Limete en général, à des fins domestiques, agricoles, récréatives, mais aussi la consommation des produits halieutiques.

RÉSUMÉ

Cette étude vise à déterminer le niveau de contaminants sélectionnés dans trois effluents industriels rejetés dans les eaux réceptrices de la région de Limete (Kinshasa, D Congo). En effet, les effluents bruts sont rejetés sans aucun prétraitement polluant donc les écosystèmes récepteurs. Les paramètres physicochimiques (pH, température, MES, DBO5) et les éléments métalliques (Aluminium, Arsenic, Cadmium, Mercure et Plomb) ont été déterminés dans les effluents des industries du pétrole, des cosmétiques et des allumettes. Les résultats ont montré que les valeurs des paramètres physiques (MES et DBO5) et chimiques (Aluminium, Arsenic, Cadmium, Mercure et Plomb) étaient supérieures à celles des normes de l'OMS. Les tests toxicologiques ont révélé que tous les effluents bruts sont très toxiques, avec des valeurs létales correspondant aux dilutions respectives de 0,31 pour

le pétrole, 0,42 pour le cosmétique et 0,62 pour les effluents d'allumettes.

Mots Clés

Pollution, rejets industriels, toxique, Limete, Kinshasa.

REMERCIEMENTS

Nos remerciements s'adressent à tous les membres du Centre de Recherche Nucléaire de Kinshasa ainsi que du laboratoire d'Ecotoxicologie, Santé des écosystèmes et Microbiologie Environnementale, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa.

REFERENCES

- AUGIER H.H. [2008]. Livre noir de l'environnement. ALPHEE, Monaco, France, 605 pages.
- BANQUE MONDIALE [1998.] Pollution prevention and abatement handbook – Toward cleaner production. The World Bank Group, Washington, DC.
- BERG R., HASSENZAHN [2009]. Environnement. De Boeck et NOUVEAUX HORIZONS, Bruxelles et Paris, 687 pages, France.
- BERTOLINI G. [1990]. Le marché des ordures. Economie et gestion des déchets ménagers. HARMATTAN, Paris, France, 206 pages.
- BONTEMS P., ROTILLON G. [2007]. L'économie de l'environnement. LA DECOUVERTE, Paris, 127 pages, France.
- DONGO K., NIAMKE B., ADJE A., BRITTON H., NAMA L., ANOH K., ADIMA A., ATTA K. [2012]. Impacts des effluents liquides industriels sur l'environnement urbain d'Abidjan - Côte d'Ivoire, in Revue. Scientifique et Technologique., Synthèse 25 : 71- 81.
- GIZANGA V.R., MUSIBONO D.E., ALEKE L.A., MILAU E.F. [2016]. Contribution à l'évaluation de la qualité des effluents industriels et de leurs impacts sur les milieux récepteurs (ville de Kinshasa - République Démocratique du Congo, RDC), in International Journal of Innovation and Scientific Research, 21 ; 360, 2016, consulté le 08 mai 2017. URL: <http://www.ijisr.issr-journals.org>
- HAKIM K., HICHAM C., AZZEDINE H., RABAH L. [2012]. Impacts des rejets industriels sur les eaux de la région de Berrahal (Nord Est Algérien), Algérie, in Lebanese Science Journal, 15, 2, 2014, 39.
- HASSOUNE E., BOUZIDI A., KOULALI Y., HADARBACH D. [2006]. Effets des rejets liquides domestiques et industriels sur la qualité des eaux souterraines au nord de la ville de Settat (Maroc). Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, Maroc, in section Sciences de la Vie, 2006, n°28, 61-71.
- MERENNE-SCHOUMAKE R.B. [2002]. La localisation des industries, enjeux et dynamiques, PUR, Rennes, 243 pages. France.
- MUSIBONO D., NDELO D.M., BIEY M., MPUTU M., MAYI F., KOSHI N., NSIMANDA, I., MONSEMBULA I., DIANSAMBU M. [2006]. Toxicité des eaux usées industrielles de Kinshasa, possibilité de recyclage et impact sur la santé des écosystèmes. Revue de santé publique, ESP- Kinshasa, 48-53. 68p.
- MUSIBONO D.E. [1999]. Variations saisonnières des teneurs en Plomb, cuivre, Chrome hexavalent dissous dans 4 rivières urbaines à Kinshasa et leur impact sur la biodiversité aquatique. In Annals MEDVET Landbouww, Univ. Gent, University of Gent, 1, 1999, 81-86.

MUSIBONO D.E., DAY J. [1999]. The effect of Manganese on the mortality and growth of the amphipod *Paramelita nigroculus* exposed to mixtures of Al and Cu in acidic waters. In *Journ. Water Research*, 33,1, 213-219.

NORMES DES EAUX DE REJET. [2017]. URL: <https://docplayer.fr/11724596-Les-normes-des-eaux-de-rejet.html>. Consulté le 25 mars 2017.

USEPA [2002]. The Whole effluent testing methods in aquatic systems Technical note. USEPA, Washington, DC.

VALLEE A. [2002]. *Economie de l'environnement*. SEUIL, Paris, 346 pages, France.



This work is in open access, licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License. The images or other third party material in this article are included in the article's Creative Commons license, unless indicated otherwise in the credit line; if the material is not included under the Creative Commons license, users will need to obtain permission from the license holder to reproduce the material. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>