

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)

[Contribution to the evaluation of the quality of the industrial effluents and their impacts on the receiving mediums (Kinshasa town - Democratic Republic of Congo, DRC)]

René Gizanga Valu¹, Dieudonné Musibono Eyal'Anki¹, Alex Lina Aleke²⁻³, and Fils Milau Empwal⁴

¹Laboratoire d'Ecotoxicologie, Santé des écosystèmes et Microbiologie Environnementale, Faculté des Sciences, Université de Kinshasa, RD Congo

²Unité Assainissement et Environnement, Faculté des Sciences, Université de Liège, Belgique

³Département de Biologie, Faculté des Sciences et Sciences Appliquées, Université Officielle de Bukavu, RD Congo

⁴Laboratoire de Gestion des Ressources Naturelles, Faculté des Sciences Agronomiques, Université de Kinshasa, RD Congo

Copyright © 2016 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: This study aims to improve knowledge on discharges of industrial effluents and their effects on receiving waters. It focuses on the analysis of physicochemical parameters (pH, temperature, COD, BOD₅ and SS). Water samples were taken at three industries (cosmetics, pharmaceutical and brewing) in the city of Kinshasa. The results showed high levels for the parameters measured in the majority of the stations. In addition to pH and temperature, the contents of COD, BOD₅ and SS of the effluent is much higher than the limit values set by WHO for industrial discharges to receiving waters. This could be major health risks for the population of the study area.

KEYWORDS: pollution, industrial wastewater, aquatic habitat, Kinshasa.

RÉSUMÉ: Cette étude a pour objet l'amélioration des connaissances sur les rejets des effluents industriels et de leurs effets sur les milieux aquatiques récepteurs. Elle porte sur l'analyse des paramètres physicochimiques (pH, température, DCO, DBO₅ et MES). Des prélèvements d'eau ont été effectués au niveau de trois industries (cosmétique, brassicole et pharmaceutique) dans la ville de Kinshasa. Les résultats ont montré des concentrations élevées pour les paramètres mesurés dans la majorité des stations. Outre le pH et la température, les teneurs en DCO, DBO₅ et MES de ces effluents sont largement supérieures aux valeurs limites fixées par l'Organisation Mondiale de la Santé pour les rejets industriels dans les milieux récepteurs. Ceci pourrait constituer des risques sanitaires majeurs pour la population de la zone d'étude.

MOTS-CLEFS: pollution, effluent industriel, milieu aquatique, Kinshasa.

1 INTRODUCTION

L'eau réunit un ensemble exceptionnel de propriétés physiques et chimiques; elle peut devenir solvant, fluide thermique ou simplement liquide facile à manipuler. Ces propriétés expliquent pourquoi l'eau est impliquée dans les grandes activités

industrielles [1]. Les usines utilisent l'eau de manière répétée au cours des stades successifs de la chaîne de fabrication. Pour la plupart des techniques et opérations de fabrication, l'eau entre en contact avec des matières premières minérales ou organiques. Elle les dissout partiellement, voire totalement ou les entraîne à l'état des suspensions colloïdales. Utiliser l'eau, c'est pratiquement accepter de la polluer [2]. En effet, toute activité industrielle engendre des rejets polluants qui renferment les sous-produits et les pertes des matières premières qui n'ont pu être récupérées ni recyclées.

A Kinshasa, la problématique des rejets d'effluents dans les industries devient de plus en plus importante. En effet, ces établissements génèrent des volumes importants d'effluents liquides qui contiennent des substances spécifiques (résidus des produits, réactifs chimiques, désinfectants, détergents, révélateurs et les métaux lourds, etc.) et sont susceptibles de disséminer des germes pathogènes [3]. Ces effluents sont généralement évacués dans les réseaux urbains, rivières réceptrices sans traitement préalable, au même titre que des eaux usées domestiques classiques. Ainsi, la pollution par les effluents des industries, la contamination par les agents pathogènes, l'acidification des eaux par les sulfates et les nitrates, ... sont autant de problèmes qui compromettent la qualité des rivières de Kinshasa [4].

Cette étude se situe au cœur de la problématique de détermination des pollutions générées par les unités industrielles. Elle poursuit l'objectif d'améliorer les connaissances sur les rejets des effluents industriels afin d'appréhender leurs effets sur les milieux aquatiques récepteurs.

2 MATERIEL ET METHODES

2.1 SITE D'ETUDE

Kinshasa est situé entre la latitude 5°19' Nord et la longitude 4°01' Ouest, au Sud-Ouest de la République Démocratique du Congo (RDC). A l'instar des autres grandes villes, Kinshasa connaît une intense prolifération d'unités industrielles et une urbanisation spectaculaire enregistrant pour ce faire, une intense migration et un exode rural massif. 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, il s'y concentre d'importantes activités relevant de la majeure partie des industries du pays, ce qui fait que la ville joue un rôle majeur dans la dynamique économique nationale.

2.2 ECHANTILLONNAGE

Les prélèvements des échantillons ont été effectués au cours de trois campagnes effectuées en janvier, juin et décembre 2014, dans trois structures industrielles: brassicole, cosmétique et pharmaceutique. Leurs choix résultent d'un compromis sur les possibilités d'y accéder et de rendre compte de l'éventualité des pollutions des eaux. Des échantillons d'eau ont été prélevés à l'aide des bouteilles en plastique de 1L, remplies jusqu'à ras-bord et préalablement rincées avec l'eau de la station. Ils ont été conservés à 4 °C et expédiés au laboratoire pour analyses.

2.3 METHODES D'ANALYSES ET MESURE DES PARAMETRES CHIMIQUES

Les paramètres ci-après ont été évalués : le potentiel d'hydrogène (pH), la température (T), la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO₅) et les matières en suspension (MES). 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 [5]; la température joue un rôle important car elle influence le métabolisme général et la solubilité des gaz. Une élévation de la température peut perturber fortement le milieu récepteur (pollution thermique). La demande chimique en oxygène (DCO) indique l'oxydation par voie chimique aussi bien de la majeure partie des composés organiques que des composés minéraux oxydables; elle est exprimée en milligramme d'oxygène par litre d'eau (mg O₂/l) [6]. 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); et les matières en suspension (MES) sont responsables de la turbidité et de la couleur de l'eau [7].

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 réalisées 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 laboratoire d'Ecotoxicologie, Santé des écosystèmes et Microbiologie Environnementale de la Faculté des Sciences/Université de Kinshasa a servi de cadre pour ces analyses.

2.4 ANALYSE STATISTIQUE DES DONNEES

L'ensemble des données a été soumis à une analyse de variance à un critère de classification. Une comparaison multiple Post-Hoc des moyennes selon le test de Fisher (LSD) au seuil de 5% a été également réalisée. Ces analyses ont été réalisées avec le logiciel Xlsat 2014. Le logiciel Origin 6.1 a servi à la représentation graphique des résultats.

3 RESULTATS

La RDC n'ayant pas des normes ISO relatives aux rejets domestiques et industriels dans les différents milieux récepteurs, les résultats de cette étude sont comparés aux normes internationales définies par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [8] consignées dans le tableau 1

Tableau 1. Caractéristiques des rejets de différentes unités industrielles échantillonnées

Unités industrielles	pH	Température	DCO	DBO ₅	MES
Cosmétiques	5,9	26,1	2473	1498	166
Brassicoles	9,6	33,7	1891	1130	236
Pharmaceutiques	9,6	26,7	1951	1496	265
OMS	6.5 - 8.5	< 30° C	< 90 mgO ₂ /l	< 30 mgO ₂ /l	< 20 mg O ₂ /l

Les pH de différentes unités industrielles montrent des différences significatives ($p < 0,001$). La figure 1 montre que les industries cosmétiques rejettent des effluents acides tandis que les industries brassicoles et pharmaceutiques rejettent des effluents relativement basiques. Quoiqu'il en soit, toutes ces industries ne respectent les normes de l'OMS relatives aux rejets industriels (Tableau 1).

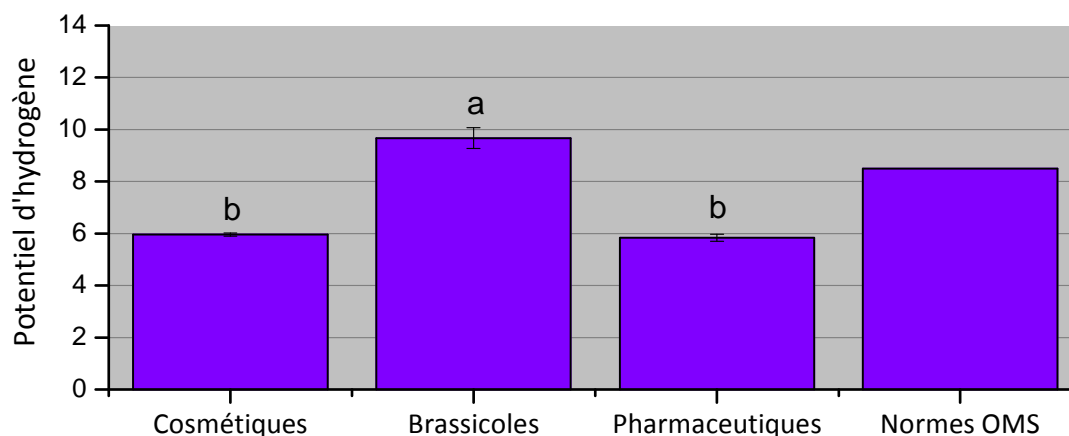


Fig. 1. Variation du pH des effluents des unités industrielles échantillonnées [Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD]

Les relevés des températures différencient les effluents des unités industrielles étudiées ($p < 0,001$). Les plus grandes températures sont observées dans les rejets des industries brassicoles, excédant ainsi les normes ISO fixées par l'OMS. Cependant, les industries cosmétiques et pharmaceutiques rejettent des effluents répondant aux normes précitées.

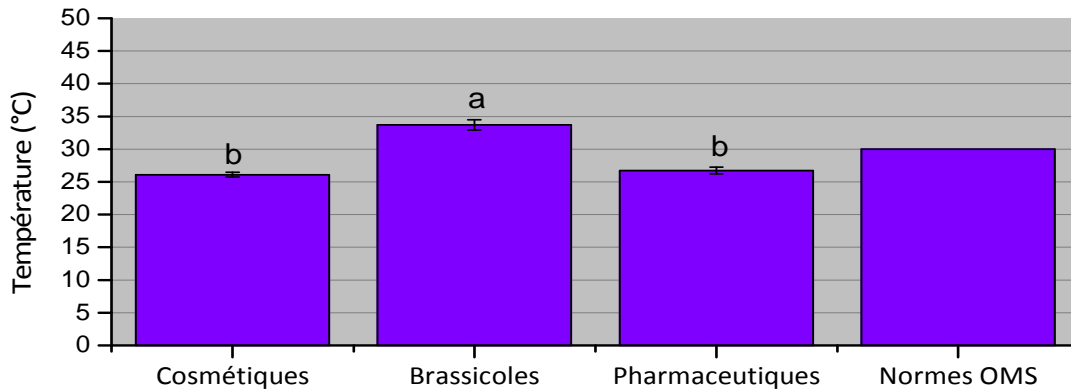


Fig.2. Variation de la température des effluents des unités industrielles échantillonnées [Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD]

Lorsqu'on compare les DCO dans les différentes zones industrielles, on constate qu'elles sont toutes plus de 15 fois supérieures à la norme internationale. Cependant, les industries cosmétiques ont les plus fortes valeurs des trois unités industrielles (2500 mg O₂/l), alors que les industries brassicoles et pharmaceutiques en ont les plus faibles, respectivement 1900 et 1950 mg O₂/l.

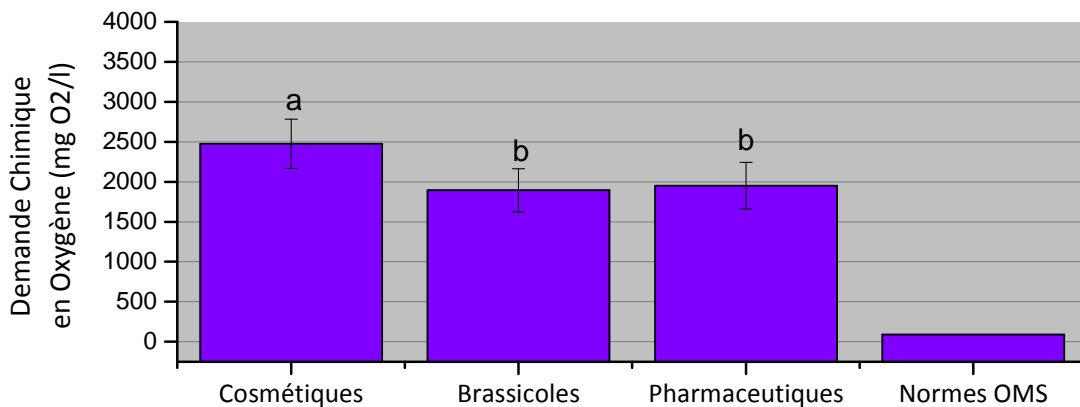


Fig.3. Variation de la DCO des effluents des unités industrielles échantillonnées [Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD]

En ce qui concerne la DBO₅ (Figure 4), les valeurs moyennes montrent des concentrations hautement élevées et fluctuent d'une façon régressive dans les effluents des industries cosmétiques et pharmaceutiques avec respectivement 1497 et 1496 mg O₂/l vers les effluents des industries brassicoles (1130 mg O₂/l). Elles sont significativement différentes entre les unités industrielles ($p < 0,0001$). Toutefois, ces valeurs sont plus de 60 fois supérieures à la norme de l'Organisation Mondiale de la Santé.

Les rapports DCO/DBO₅ sont concomitamment de 1,6 pour les effluents des industries cosmétiques et brassicoles et de 1,3 pour les industries pharmaceutiques. Ces ratios montrent le caractère hautement biodégradable des effluents de ces complexes industriels de la ville de Kinshasa, étant donné que les valeurs des ratios obtenues sont inférieures à 3 [6].

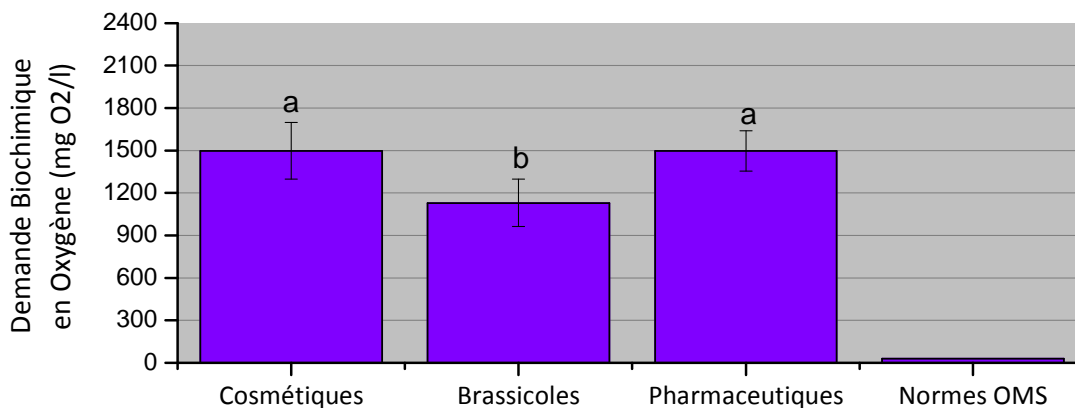


Fig.4. Variation de la DBO₅ des effluents des unités industrielles échantillonnées [Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD]

Les valeurs des matières en suspension ont montré une différence significative entre les effluents de toutes les unités industrielles ($p < 0,0001$). Elles fluctuent aussi régressivement dans les effluents des industries pharmaceutiques (265 mg O₂/l), passant par ceux des industries brassicoles (235 mg/l) vers les effluents des industries cosmétiques (166 mg O₂/l). Néanmoins, ces valeurs sont de loin supérieures à la limite fixée par l'OMS.

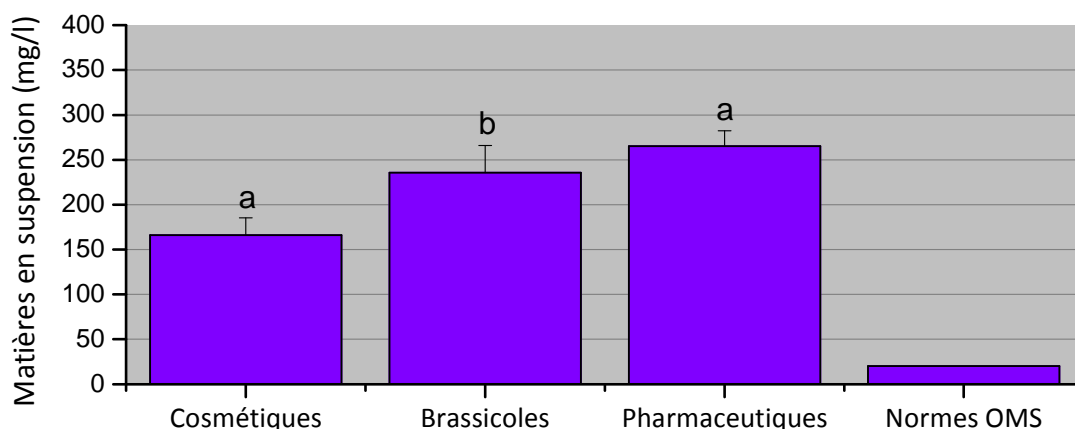


Fig.5. Variation de la MES des effluents des unités industrielles échantillonnées [Des lettres différentes indiquent des différences significatives ($p < 0,05$) d'après le test de Fisher LSD]

4 DISCUSSION

Les valeurs de pH des échantillons analysés, ne sont pas conformes à la norme internationale ce qui peut susciter des inquiétudes (6,5-8,5). Le pH du milieu récepteur aquatique dépend des apports extérieurs du fait des effluents rejetés, dans la mesure où des réactions physico-chimiques et biologiques y ont lieu [9]. En effet, le pH est un facteur essentiel au développement microbien car pour la plupart des organismes aquatiques, la zone de pH favorable se situe entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles [10], ce qui est de nature à favoriser le développement bactérien nécessaire à la dégradation biologique des polluants organiques [11]. Aussi, le pH joue un rôle important dans l'adsorption des métaux. Un pH alcalin limite le passage des métaux de la phase solide à la phase aqueuse [12]. Ils constituent un danger permanent pour tout l'écosystème aquatique lorsque les conditions physico-chimiques le permettent [13], notamment dans la chaîne trophique [14].

Les températures élevées de l'eau résiduaire en migration vers le réceptacle naturel assurent un transfert de chaleur, entraînent une baisse considérable de concentration en oxygène dissous et favorisent la fermentation qui aboutit aussi au dégagement d'odeurs nauséabondes.

En ce qui concerne la DCO, toutes les valeurs obtenues dans les industries sont considérablement élevées et ne respectent pas la norme. Outre les matières premières d'origine organique intervenant dans les processus de fabrication, les

teneurs élevées en DCO pourraient être liées au fait que ces industries utilisent pour la plupart les produits chimiques et para chimiques. Les rejets sont en conséquence, fortement chargés en matières chimiques. Ces résultats corroborent avec ceux trouvés en 2006 [3] sur les pollutions organiques et chimiques d'origines industrielles des cours d'eau de Kinshasa.

De même, les concentrations de la DBO₅ sont supérieures à la norme limite. Ce qui implique une forte pollution des effluents industriels et par conséquent de toute la chaîne trophique. Pour l'auto-épuration des eaux, le rapport DCO/DBO₅ donne une indication sur la biodégradabilité d'une eau usée. Les valeurs obtenues (1,3 - 1,6) dans les présents travaux, indiquent la possibilité de ces effluents d'être traités par la voie biologique [15], et sont conformes à ceux signalés [4]. Ce qui confirmerait la biodégradabilité des effluents industriels des unités industrielles échantillonnées. S'il est démontré que les effluents qui se déversent dans les cours d'eau récepteurs sont biodégradables, il faut cependant remarquer que leur dégradation entraîne une forte consommation en oxygène. Ce qui va entraîner la réduction drastique de la teneur en oxygène dissous au niveau des écosystèmes aquatiques récepteurs, avec pour conséquence l'apparition des zones anoxiques, les émissions de gaz de mauvaise odeur, etc.

Les MES ont des concentrations supérieures aux limites autorisées par l'OMS. Ces teneurs indiquent que les effluents contiennent des quantités importantes de particules insolubles et décantables pouvant limiter la pénétration de la lumière dans l'eau et conduire à une diminution de la photosynthèse des phytoplanctons sous l'eau induisant la réduction de l'oxygène dissous dans le milieu aquatique. Ce qui provoquerait la mortalité faunique et floristique aquatiques par asphyxie. Ces composés biologiques (organiques) associés aux effluents en putréfaction seraient par endroit source d'odeurs nauséabondes. Ces résultats corroborent avec ceux trouvés [4] et [16], montrant d'une part que la plupart des polluants chimiques adsorbés sur les MES, s'avèrent comme un facteur important de pollution des eaux et, d'autre part, les rejets industriels contiennent des concentrations très élevées en MES.

5 CONCLUSION

Ces résultats montrent que les concentrations en DCO, DBO₅ et MES des effluents étudiés sont relativement très élevées dans toutes les unités industrielles échantillonnées, et dépassent largement les normes limites fixées par l'OMS pour les rejets industriels dans les milieux récepteurs. Les valeurs hors norme de ces paramètres montrent que l'environnement aquatique est pollué et engendre des problèmes environnementaux, notamment le dégagement d'odeurs nauséabondes, la prolifération des maladies endémiques, et la dégradation rapide des cadres et condition de vie des populations riveraines. Ce tableau révèle l'absence de traitement des eaux industrielles. Face à ce grave constat, des solutions appropriées doivent être adoptées en termes de protection des milieux récepteurs et des populations mais aussi par la sensibilisation de tous les acteurs du secteur industriel. Une attention particulière devrait alors être retenue pour éviter au maximum que les effluents provenant des filières génératrices de grosses pollutions ne puissent être mélangés au reste des eaux reconnues comme moins polluées afin de minimiser les flux de pollutions rejetés par ces structures industrielles. Ce faisant, les volumes et flux de pollutions à traiter seront amoindris dans chacune de ces industries, ce qui, par conséquent, entraînera au rabais les coûts liés à leurs traitements, qui devraient être envisagés. Dans le cadre des travaux de recherche ultérieurs, il serait intéressant de miser sur les mesures des débits au niveau de ces industries afin de déterminer les flux des pollutions émis par chacune d'elles et d'établir leurs responsabilités respectives dans la dégradation du cadre de vie urbain de Kinshasa.

REMERCIEMENT

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

REFERENCES

- [1] W. Wesley, *L'eau dans l'industrie; pollution, traitement et recherche de la qualité*, Ed. Technique et documentation, Paris, 98p., 1973.
- [2] J.C. Boeglin, "Pollution Industrielle de l'eau : caractérisation, classification, mesure," *Techniques de l'Ingénieur*, 12p., 1999.
- [3] D.E. Musibono, "Du marasme d'un état squelette aux défis du développement durable, gestion de l'environnement au Congo, cueillette chronique et pauvreté durable," Ed. Chaire UNESCO/Kinshasa, 186p., 2006
- [4] S. Lumbuenamo, N. Ngomba et E. Milau. "Pollution au plomb de la rivière N'djili," *UNIKIN, Annales de la faculté des Sciences Agronomiques*, Vol. 5, n°3, 37-48, 2010.
- [5] J. Rodier, *L'Analyse de l'eau*, 8^e Ed. Dunod : Paris, 1996.

- [6] B. Benoit, "Guide pour l'étude des technologies conventionnelles des eaux usées d'origine domestique," Edition Gouvernement du Québec, Canada. Berthier N° 1998. *Les Techniques d'Enquête*. SESJM/Armand Colin Editons: Paris, 2002.
- [7] DEGREMONT, *Mémento Technique de l'Eau*, 9^e Ed., Paris-France, 1989.
- [8] OMS-WHO, "A compendium of standards for wastewater reuse in the Eastern Mediterranean Region," WHO, WHO-EM/CEH/142/E, 19p., 2006.
- [9] B. Parinet, A. Lhote, B. Legube, M.A. Gbongue, "Etude analytique et statistique d'un système lacustre à divers processus d'eutrophisation," *Rev. Sci. Eau*, 13 (3): 237-267, 2000.
- [10] Chapman D. et V. Kimstach, "Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring," *Chapman edition*, 2nd Ed. E & FN spon, London, pp. 59-126, 1996
- [11] A.H. Maiga, Y. Konate, J. Wethe, K. Denyigba, D. Zoungrana, L. Togola, "Performances épuratoires d'une filière de trois étages de bassins de lagunage à microphytes sous climat sahélien: cas de la station de traitement des eaux usées de l'EIER," *Sud Sciences & Technologies*, 14 : 1-9, 2006.
- [12] I. Thornton, "Risk assessment related to metals: the role of the geochemist," *International Council on Metals and the Environment*, Angers, France, 1996.
- [13] M. François, D. Li, H.C. Dubourguier, F. Douay, "Facteurs déterminants de la mobilité (Pb, Cu, Zn) dans les sols contaminés autour de deux usines métallurgiques du Nord de la France," *Journées Nationales de l'étude des sols*, du 22-24 octobre, Orléans, 2002.
- [14] F. Fadil, A. Maarouf, A. Zaid, "Utilisation de *Gammarus gauthieri* pour tester la toxicité des sédiments des eaux douces," *Limnol*, 32: 73-78, 1997.
- [15] DEGREMONT, *Mémento Technique de l'Eau*, Degrémont, Suez. 10^e édition, Paris-France, 2005.
- [16] M. Mulamba, "Variation saisonnière de la pollution organique des cours d'eau de Kinshasa," Mémoire, FACAGRO, UNIKIN, inédit, 58p., 2005.