

Implication des paramètres physico-chimiques sur la qualité des eaux de la rivière Lubumbashi (Pont Katuba jusqu'en aval de la rivière Kafubu) Lubumbashi, Haut-Katanga / RD Congo

[Involvement of physicochemical parameters of the water quality of the river Lubumbashi (Katuba Bridge to downstream of the river Kafubu) Lubumbashi, Haut Katanga / DR Congo]

Serge Kashimbo Kalala¹, Mukanya Senga Serge Christian², and Meli Kimpinde Adelin³

¹Chef des travaux à l'Unité de Gestion des ressources naturelles, Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P: 1825, RD Congo

²Chef des travaux au Département de Métallurgie, Faculté Polytechnique, Université de Lubumbashi, B.P:1825, RD Congo

³Chef des travaux à la Faculté des sciences Agronomiques, Université de Lubumbashi, B.P: 1825, 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: The study of physico-chemical parameters (temperature, pH, Dissolved Oxygen, Turbidity, and electrical conductivity) Rivers Water (Lubumbashi and Kafubu) remains essential insofar as it allows to highlight the current status of these two streams to impose safeguards that hardly renewable resource, for its better management. Thus a transect was established on the river starting from Lubumbashi Bridge Katuba (Station A) to downstream of the Kafubu River (station E). Measures on the physico-chemical parameters of the water in situ were performed in order to determine the current state of water (quality), the use by local residents and especially to establish responsibility in relation to the source of contamination (population or society). The results of measurements on the physicochemical parameters indicate strong pressure from rivers and Lubumbashi Kafubu due partly to the presence in front of the Terril Processing Society of Lubumbashi (STL). This by the spill hot liquid effluents untreated into the river Lubumbashi would be the origin of the change in the physical, chemical and biological conditions of aquatic creatures, preventing them from achieving their optimal life cycle. And secondly to the rejection by the people of Kamalondo common, Kenya, Katuba various waste (organic waste, electronic waste, chemical detergents) in the two rivers in the study. These wastes have contributed their degradation, to changes in physical and chemical parameters of water in particular pH and turbidity. This upstream to downstream class waters of two rivers in the study of inferior quality and should be subject to special monitoring.

KEYWORDS: physicochemical parameters, effluent, rivers and Kafubu Lubumbashi, various wastes, in situ measurements, current status.

RESUME: L'étude des paramètres physico-chimiques (Température, pH, Oxygène Dissous, Turbidité, et conductivité électrique) des eaux des rivières (Lubumbashi et Kafubu) demeure indispensable dans la mesure où elle permet de mettre en évidence l'état actuel de ces deux cours d'eau afin d'imposer des mécanismes de protection de cette ressource difficilement renouvelables, pour sa meilleure gestion. Ainsi un transect a été établi sur la rivière Lubumbashi partant du pont de la Katuba (station A) jusqu'en aval de la rivière Kafubu (station E). Des mesures sur les paramètres physico-chimiques de l'eau in situ ont été effectuées dans le but de déterminer l'état actuel de l'eau (qualité), l'usage par les riverains et surtout d'établir la

responsabilité par rapport à la source de contamination (population ou société). Les résultats des mesures sur les paramètres physico-chimiques indiquent une forte pression des rivières Lubumbashi et Kafubu liée d'une part, à la présence en amont de la Société de Traitement de Terril de Lubumbashi (STL). Celle-ci par le déversement des effluents liquides chauds, non traités dans la rivière Lubumbashi serait à l'origine du changement des conditions physiques, chimiques et biologiques des êtres aquatiques, les empêchant de réaliser leur cycle de vie de façon optimale. Et d'autre part au rejet par les populations des communes Kamalondo, Kenya, katuba des déchets divers (déchets organiques, déchets électroniques, détergents chimiques) dans les deux cours d'eau à l'étude. Ces déchets ont contribué par leurs dégradations, à la variation des paramètres physico-chimiques de l'eau en particulier le pH et la turbidité. Cette situation de l'amont à l'aval classe les eaux de deux rivières à l'étude de moins bonnes qualités et devraient faire l'objet d'une surveillance particulière.

MOTS-CLEFS: Paramètres physico-chimiques, effluents liquides, rivières Lubumbashi et Kafubu, déchets divers, mesures in situ, état actuel.

1 INTRODUCTION

La qualité des eaux usées (sous l'angle de leurs caractéristiques physiques et chimiques) détermine partiellement les impacts environnementaux de ces eaux [1]. Dans les zones arides et semi-arides, les produits chimiques sont présents à des concentrations plus élevées que dans les zones humides [2]. L'eau douce renouvelable est une ressource indispensable à la vie. Elle mérite une attention toute particulière, vu qu'elle est très altérée et sérieusement menacée par les activités humaines. En effet, la croissance démographique accompagnée d'une urbanisation rapide cause de nombreuses perturbations pour les milieux naturels [3], l'industrialisation, l'utilisation non rationnelle des engrais et pesticides et le manque de sensibilisation de la population envers la protection de l'environnement, conduisent autant à un déséquilibre de l'écosystème et génèrent des éléments polluants qui peuvent affecter la qualité physico-chimique et biologique des milieux aquatiques récepteurs [4], mais aussi altérer les usages de l'eau (captage de l'eau, baignade, etc.) [5].

Dans la province du Katanga, les rivières sont sous une sérieuse menace de dégradation résultant des décharges régulières des effluents riches en polluants, provenant des usines de traitement, d'enrichissement et de production des cathodes de cuivre[6]. Le traitement des minerais par les usines hydrométallurgiques ainsi que les procédés métallurgiques à différents stades sont à l'origine de la pollution de l'air, des eaux de surface et des sédiments par suite des émanations des gaz d'usine, mais également des rejets accidentels ou volontaires des effluents liquides chargés en substances dangereuses dans les cours d'eau [7]. Le procédé hydrométallurgique consiste à dissoudre les minéraux de cuivre et de cobalt dans de l'acide sulfurique dilué, à débarrasser mécaniquement de sa gangue, la solution de sulfate ainsi obtenue (la plus pure possible) sera soumise à l'électrolyse [8]. Les résidus minéraux ainsi que les effluents liquides qui en découlent sont rejetés dans l'environnement (rivières) [9]. Ils sont soit des stériles, soit des solutions de stériles, ou des boues et scories. Les scories et stériles sont généralement entreposés en tas sur le site industriel, ou valorisées comme remblais et les effluents relâchés dans la nature souvent sans aucun traitement préalable [10].

La rivière Lubumbashi traverse une grande partie de la ville et draine une importante quantité d'eaux des petits affluents vers le bassin versant de la Kafubu. Elle se trouve particulièrement touchée par le problème d'une démographie croissante des centres riverains et du développement continu des secteurs industriel et agricole. En effet, les rejets liquides d'origines domestiques générés par les communes de la Kamalondo, Kenya et Katuba et industrielles générés par la Société de Traitement de Terril de Lubumbashi (STL) sont déversés directement dans la rivière Lubumbashi d'une façon précaire et sans traitement préalable.

Ainsi, un diagnostic plus complet de la situation actuelle sur l'état de l'eau de la rivière Lubumbashi et un suivi rigoureux de son évolution, s'avèrent d'une grande nécessité pour la sauvegarde de cet écosystème. C'est dans cette perspective que s'inscrit le présent travail qui consiste à étudier l'impact des activités anthropiques (procédés métallurgiques, déversements volontaires des déchets divers) sur la qualité des eaux des rivières Lubumbashi et Kafubu par des mesures in situ des paramètres physico-chimiques reconnus et exigés par l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) [11].

2 MILIEU, MATÉRIELS ET MÉTHODES

2.1 MILIEU

2.1.1 SITUATION GEOGRAPHIQUE DE LA VILLE D'ÉTUDE

La ville de Lubumbashi est située dans la province du Katanga entre les parallèles $-11^{\circ}30'$ et $-11^{\circ}50'$ et les méridiens $27^{\circ}17'$ et $27^{\circ}40'$. Elle est située dans une vaste dépression limitée au Nord-est par l'anticlinal de l'Etoile (1275m d'altitude) et au Sud-ouest par l'anticlinal de Kisanga (1346m d'altitude) [12].

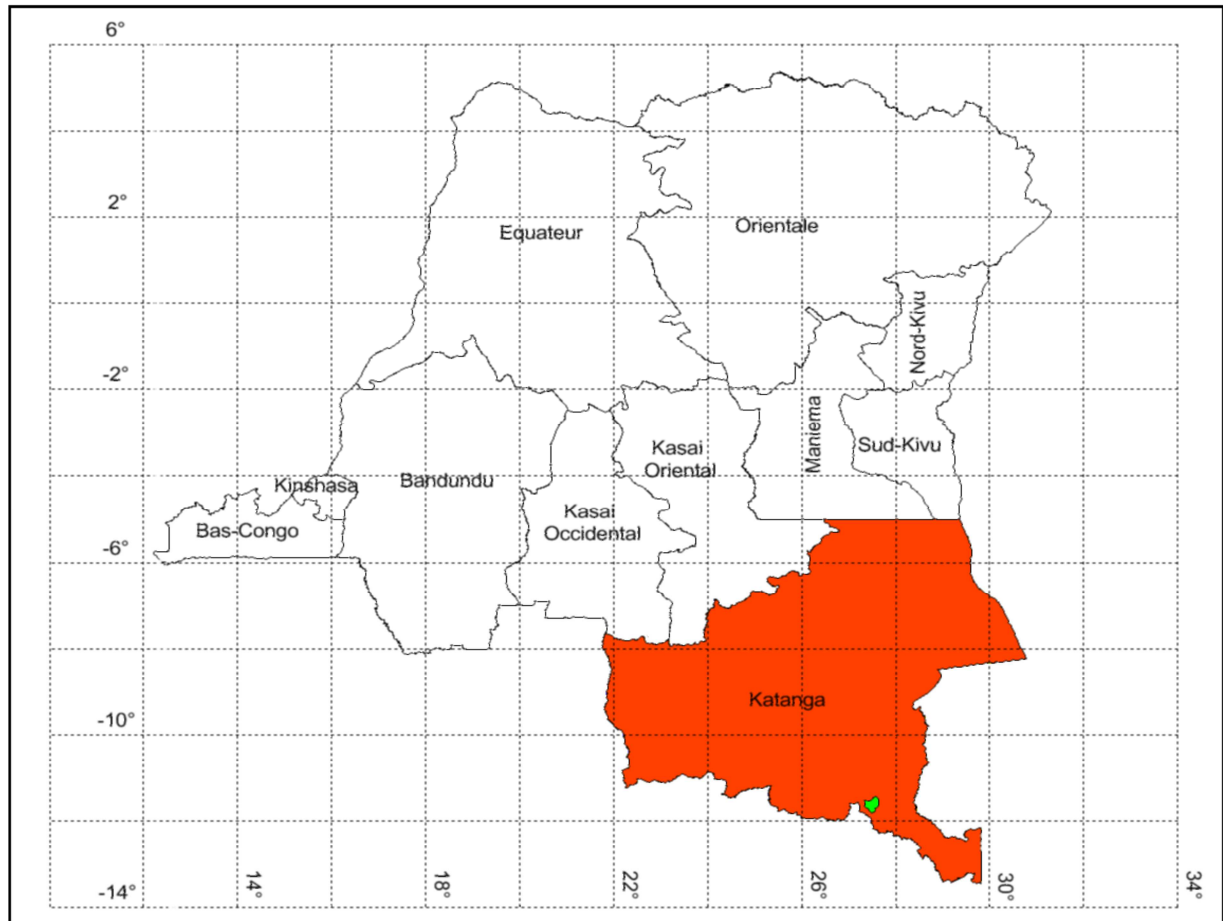


Figure 1 : La carte localisation du secteur d'étude

2.1.2 PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE

La rivière Lubumbashi ($1,2 \text{ m}^3/\text{sec}$) a creusé une petite vallée douce, peu profonde et boisée, constituant certainement un élément positif dans le choix du site. La Kimilolo ($6,95 \text{ m}^3/\text{sec}$), la Kafubu ($3 \text{ m}^3/\text{sec}$), la Karavia ($0,4 \text{ m}^3/\text{sec}$) et la Kapemba ($0,3 \text{ m}^3/\text{sec}$) sont des rivières proches (débits relevés en saison sèche) [12]. Le sol est constitué, en grande partie, d'une terre ocre rouge qui forme la latérite (hydroxyde de fer + alumine) [13]. Le climat continental est relativement sain et comporte deux grandes saisons dénommées "saison sèche" et "saison des pluies" (36 jours de pluie par an) coupée en deux par un court interlude sec (début 2e quinzaine d'octobre à mi-janvier - février à fin avril). Les vents sont constants mais sans force (sauf en cas d'orage et de tornade). La température moyenne avoisine les 21°C toute l'année, avec un maximum de 32°C et un minimum de 6°C (rarement -1°C) [14].

2.2 MÉTHODOLOGIE DE TERRAIN

Tenant compte de diverses activités recensées dans la zone d'étude (eaux usées industrielles, domestiques, et agricoles), cinq stations (S1 à S5) réparties le long de la rivière Lubumbashi (figure 2) ont été retenues pour la mesure des paramètres physico-chimiques (pH, C.E, Turbidité, D.O, T°) de telle sorte qu'elles soient accessibles et reflètent les caractéristiques réelles des eaux de surface de la rivière Lubumbashi au niveau du premier bief d'étude.

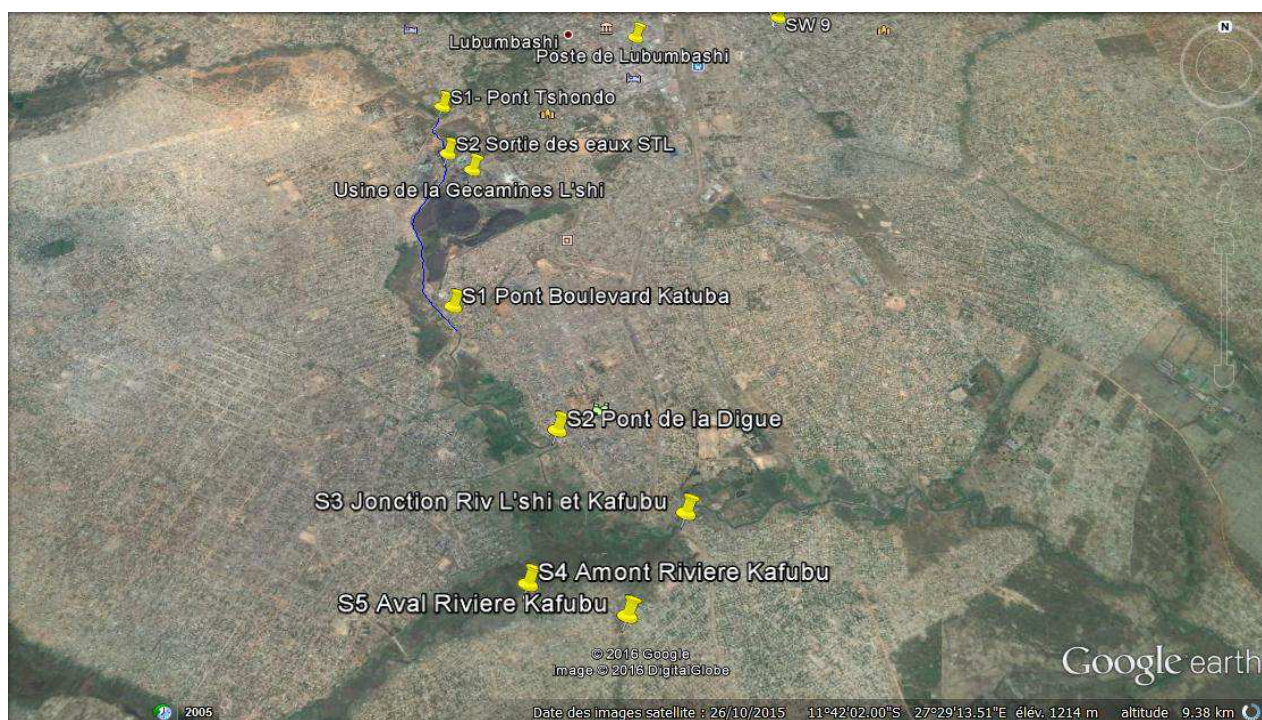


Figure 2 : Situation géographique des stations des mesures au niveau de la rivière Lubumbashi et Kafubu

2.3 MATÉRIELS DE TERRAIN

2.3.1 MATÉRIELS

Les matériels qui ont permis le travail sur le terrain sont: Gants en latex sans talc, Formulaires de prise des paramètres de terrain, Eau distillée, Détergent.

2.3.2 APPAREILS

Le travail sur le terrain exige pour son bon déroulement, des appareils permettant le prélèvement des paramètres physico-chimiques ainsi que les coordonnées géographiques. Il s'agit d'un multi probe, un GPS, une montre pour préciser l'heure de prélèvement et un appareil photo.

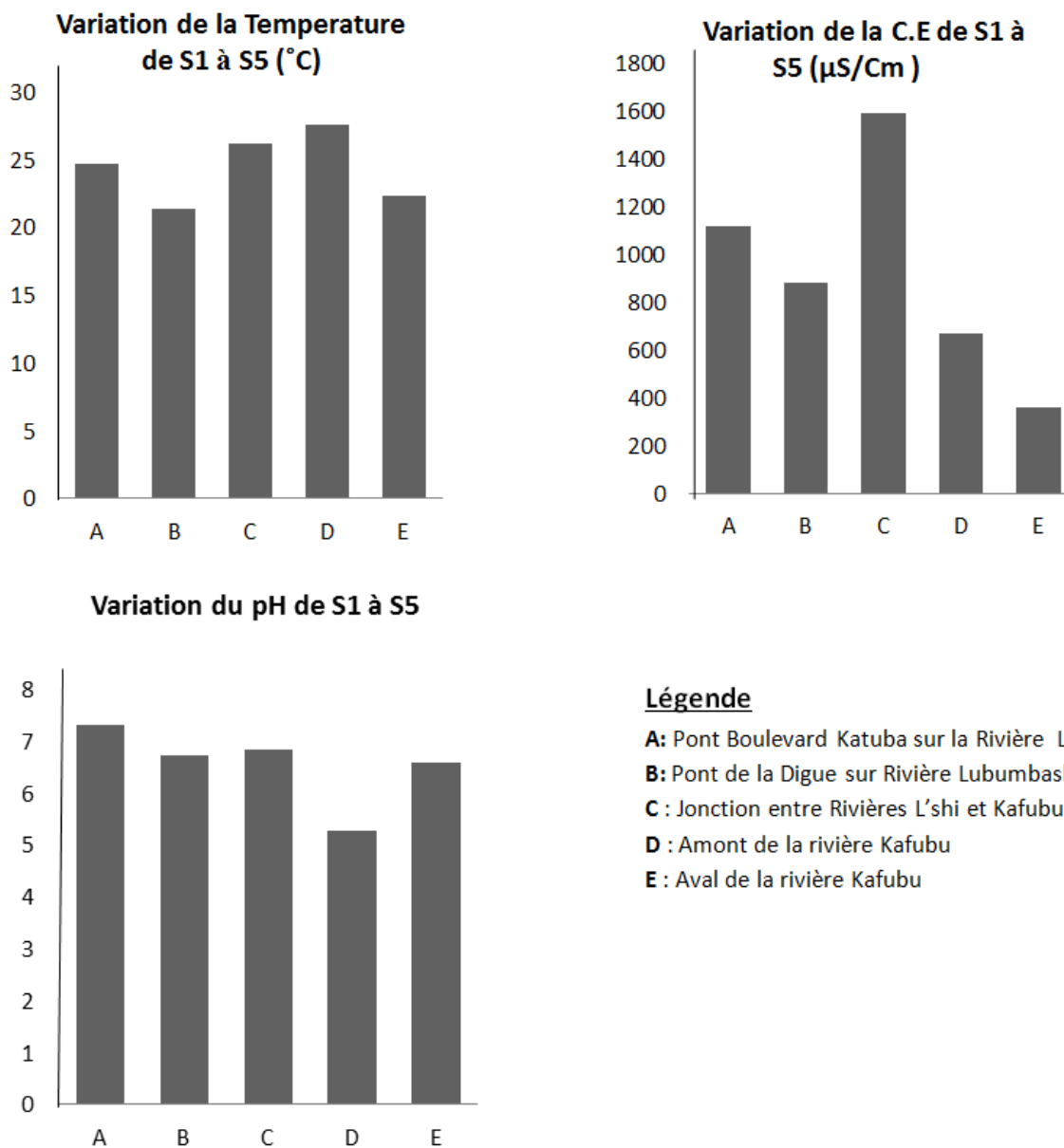
2.4 MESURES DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Le long de la rivière Lubumbashi et sur toute la zone étudiée, les échantillons d'eau ont été prélevés en période humide (mois de Février 2011), cette période montre une pluie intense et une crue violente. A chaque prélèvement, la température de l'eau, la turbidité, la conductivité électrique, le pH et l'oxygène dissous ont été mesurés in situ.

3 RÉSULTATS ET DISCUSSION

	Paramètres Physico-chimiques					Coord. Géographiques	
	pH	C.E	Turbidité	D.O	Temp.	Latitude (S)	Longitude (E-O)
	u.u	mS/Cm	NTU	mg/L	°C	DMS	DMS
Pont Blvard Katuba Riv L'shi	7.32	1120	196	4.5	24.7	11°41'47.1"	27°28'17.8"
Pont de la Digue Riv L'shi	6.74	880	190	3.6	21.4	11°42'26.7"	27°28'50.2"
Jonction Riv L'shi, Kafubu	6.85	1590	200	3.2	26.2	11°42'50.2"	27°29'25.0"
Amont Riv Kafubu	5.29	670	125	2.4	27.6	11°43'10.5"	27°28'45.5"
Aval Riv Kafubu	6.6	360	146	5.5	22.4	11°42'45.4"	27°29'25.9"

Table 1. Variation de la Température, de la conductivité électrique et du pH de la station(S1) à la station (S5) le long des rivières Lubumbashi et Kafubu



TEMPERATURE

La température de l'eau est un facteur physico-chimique qui détermine un grand nombre des processus biologiques et chimiques qui se déroulent dans l'eau. En général, ces processus s'accroissent avec le réchauffement de l'eau [15]. Une température plus élevée de l'eau augmente la production primaire et pourrait contribuer à l'accélération des processus biologiques et chimiques, à la solubilité des gaz dans l'eau et surtout à la dissociation des sels dissous et des complexes métalliques [16] [17]. La température qui permet le développement d'une vie équilibrée dans un cours d'eau se situe entre 10 et 20°C [18]. Dans la zone d'étude, la température présente des valeurs situées dans la fourchette de 21.4. à 28.2°C. Les valeurs mesurées de la température dépassent celles recommandées par les normes de l'OMS, de 20°C, à l'exception de la station C qui présente la valeur la plus élevée, 28.2°C alors que la B a une valeur de 21.4°C. Il convient de noter que dans ces conditions, ces variations des températures de l'eau induisent des perturbations sur la croissance et le développement de certaines espèces aquatiques [19]. Dans le cas présent, l'eau de la rivière Lubumbashi hormis le fait qu'elle reçoit des eaux de drainage multiples, au-delà de différentes activités anthropiques s'exerçant le long (lavage des véhicules, des vêtements,...) les températures ainsi mesurées ne sont que le résultat du réchauffement naturel de l'eau, étant donné que la descente de terrain s'est effectuée dans les après-midis aux heures ensoleillées en excluant la possibilité de l'influence des effluents liquides chauds rejetés par la Société de traitement de Terril de Lubumbashi (STL).

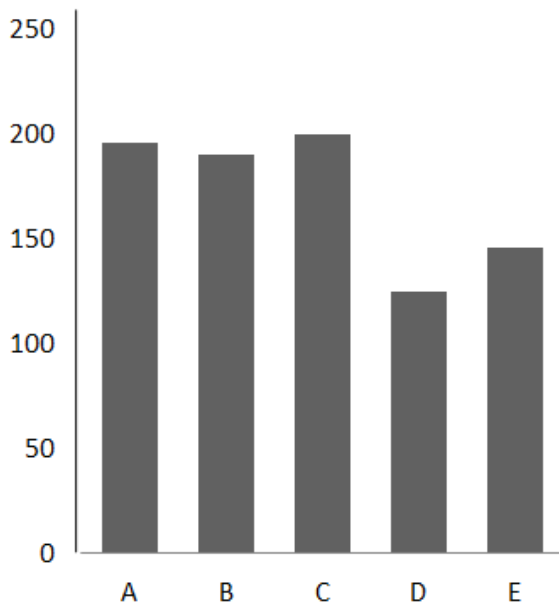
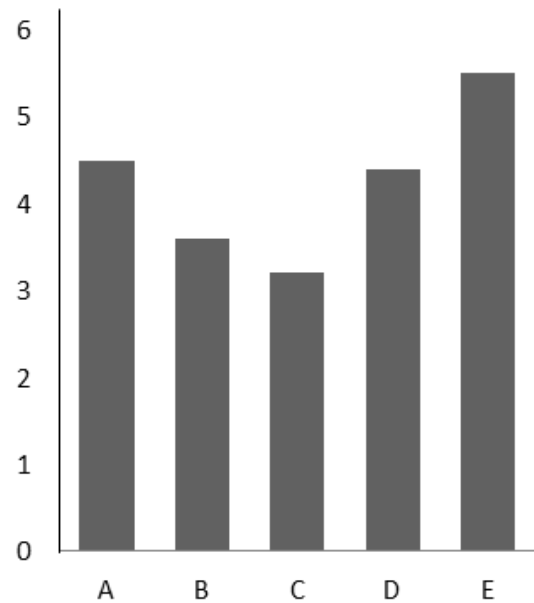
CONDUCTIVITE ELECTRIQUE

La conductivité est fonction de la température de l'eau : elle est plus importante lorsque la température augmente. L'eau douce, tout comme l'eau d'une rivière, devrait avoir une conductivité comprise entre 300 et 1.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ [15]. Si une eau présente une conductivité inférieure à 300, on peut en déduire qu'elle est pauvre en ions et que, la moindre modification du milieu ambiant entraînera une variation brutale de la valeur du pH [20]. Une eau dont la conductivité est supérieure à 1.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ne peut plus être considérée comme une eau douce [21]. Les valeurs enregistrées montrent des variations importantes. Elles oscillent entre 360 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station E en période humide et 1590 $\mu\text{S}/\text{cm}$ à la station C dans les eaux de la rivière Lubumbashi. La valeur la plus élevée observée à la troisième station est due à la réduction de la vitesse des eaux, suite à la rencontre des eaux des rivières Lubumbashi et Kafubu. La réduction de la vitesse de l'eau occasionne le phénomène de dépôt des sédiments [22]. De la situation de l'Amont, liée à la présence de la société de traitement de Terril de Lubumbashi, qui déverse ses effluents liquides riches en particules minérales dans la rivière Lubumbashi, l'on est amené à comprendre que l'eau les a charriées jusqu'à ce point de jonction ou on trouve une conductivité élevée et pH acide. A cette réalité, s'ajoutent deux activités anthropiques fréquentes réalisées par la population le long de la rivière Lubumbashi, il s'agit de lavage des véhicules au détergent ainsi que des vêtements. Ces deux activités contribuent à la libération des agents chimiques dans l'eau. Cette situation indique une minéralisation excessive attribuée aux effluents liquides de la STL ainsi qu'aux eaux usées rejetées par les populations contenant toute sorte des déchets. La répartition de la conductivité électrique des eaux étudiées montre une gamme variée des valeurs (diminution, augmentation) pendant la période humide de la campagne. Ceci réside dans la dilution des eaux par l'apport des eaux pluviales.

PH

Le pH est très fortement influencé par la photosynthèse, et influence lui-même un grand nombre de processus biologiques et chimiques [15]. Le pH influence ainsi la forme de certains composés chimiques (gaz carbonique, acide sulfurique, ammonium/ammoniac etc.) [23]. Une partie de ces formes chimiques peuvent devenir toxiques quand le pH dépasse certaines limites [24]. Outre cette toxicité indirecte, le pH peut avoir des effets néfastes directs pour les poissons et d'autres espèces de la faune et de la flore [25].

Les valeurs observées révèlent que le pH de l'eau de la rivière Lubumbashi oscille de la neutralité (station A) à l'acidité dans les autres stations (B, C, D, E). En effet, le pH varie entre 7,32 dans la station S1 et 5,29 dans la station S5. Ceci est dû à l'introduction des agents chimiques, qui proviendraient des détergents utilisés par l'ensemble de la population des quartiers Kamalondo et Kenya. Ces eaux de nettoyage riches en déchets divers et agents chimiques se déversent dans celle de la rivière Lubumbashi, acidifiant ainsi le milieu et le chargeant en particules en suspension, ce qui explique des valeurs élevées de la turbidité. Les variations de pH le long de ce deuxième bief pourraient influencer la forme de certains composés chimiques, ceux-ci peuvent devenir toxiques lorsque le pH devient acide 5.29 (D). Une autre hypothèse de l'acidité serait la décomposition de la matière organique déversée sous forme des déchets, dans l'eau de la rivière Kafubu (D) par la population. En effet, le pH augmente vers la cinquième station (E) influencée par l'entrée des eaux de pluies, ce qui peut être expliqué par la dilution de l'eau [26].

*Variation de la turbidité et de l'Oxygène Dissous le long des rivières L'shi et Kafubu***Variation de la Turbidite de S1 à S5 (NTU)****Variation de D.o de S1 à S5 (mg/L)****TURBIDITE**

La mesure de la turbidité permet de préciser les informations visuelles sur l'eau. La turbidité traduit la présence de particules en suspension dans l'eau (débris organiques, argiles, organismes microscopique) [15]. Cependant une turbidité forte peut permettre à des micro-organismes de se fixer sur des particules en suspension [26], ingérer une eau de cette qualité induirait des conséquences majeures sur la santé du consommateur à l'instar des maladies diarrhéiques et dermatologiques [27]. Sur le terrain, le deuxième bief est caractérisé par des mouvements saccadés de l'eau, il y a d'une part l'entrée des eaux de drainage (pluie) et usées (riches en agents chimiques et déchets divers) de la population des communes Kamalondo et Kenya et d'autre part la jonction des rivières Lubumbashi et Kafubu. La turbidité de l'eau sur le deuxième bief s'étale de 125 NTU (station D) en amont de la Kafubu à 200 NTU (station C) à la jonction de ces deux rivières (Lubumbashi et Kafubu). Ces valeurs sont excessivement élevées, et indiquent un état de mauvaise qualité de l'eau au regard des recommandations de l'OMS [11]. Cette situation est similaire à celle rencontrée lors de l'étude menée par Atibu et al en saison des pluies sur les rivières Lulu et Musonoi.

OXYGENE DISSOUS (D.O)

La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse [15]. Il est utilisé essentiellement pour les eaux de surface et constitue un excellent indicateur de leurs qualités [28]. La saturation en O₂ diminue lorsque la température et l'altitude augmentent [29]. Une valeur inférieure à 1 mg d'O₂ par litre indique un état proche de l'anaérobiose; une valeur de 1 à 2 mg d'O₂ par litre indique une rivière fortement polluée mais de manière réversible ; une teneur de 4 à 6 mg d'O₂ par litre caractérise une eau de bonne qualité [30]. Le taux d'oxygène dissous sur le site d'étude varie de 2.4 mg/L (station D), là où la température est élevée à 5.5 mg/L (station E). Il ressort de ces résultats, liés à l'oxygène dissous que les stations B, C, D ne sont pas favorables à la croissance et au développement de la vie aquatique tandis que les stations A et E présentent un taux supérieur à 4 mg/L, caractérisant une eau de bonne qualité. Cette situation de faible taux d'oxygène dissous est liée à la présence des déchets divers déversés par les populations des quartiers environnants dans les rivières Lubumbashi et Kafubu. On note la présence des matières organiques abondantes dans ces déchets, donc leurs dégradations contribuent à la consommation importante de l'oxygène dissous, d'où son faible taux dans certaines stations. On note également l'existence d'une relation de causalité entre la température et l'oxygène dissous. Comme dit ci-haut, le taux d'oxygène dissous diminue avec l'augmentation de la température et de l'altitude, ceci s'observe à la station D où le taux de D.O est de 2.4 mg/L accompagné d'une température de 27.6°C.

TYPOLOGIE SPATIALE DES PARAMETRES PHYSICO-CHIMIQUES EN FONCTION DES STATIONS

Dans le but d'établir une relation entre les différents paramètres physico-chimiques étudiés et pour mieux évaluer l'effet des activités anthropiques sur la qualité des eaux de la rivière Lubumbashi, une Analyse en Composante Principale (ACP) a été effectuée sur une matrice de données constituée de cinq mesures (pH, C.E, Turbidité, D.O, Température) sur cinq stations lors de la campagne de 2011 en saison des pluies.

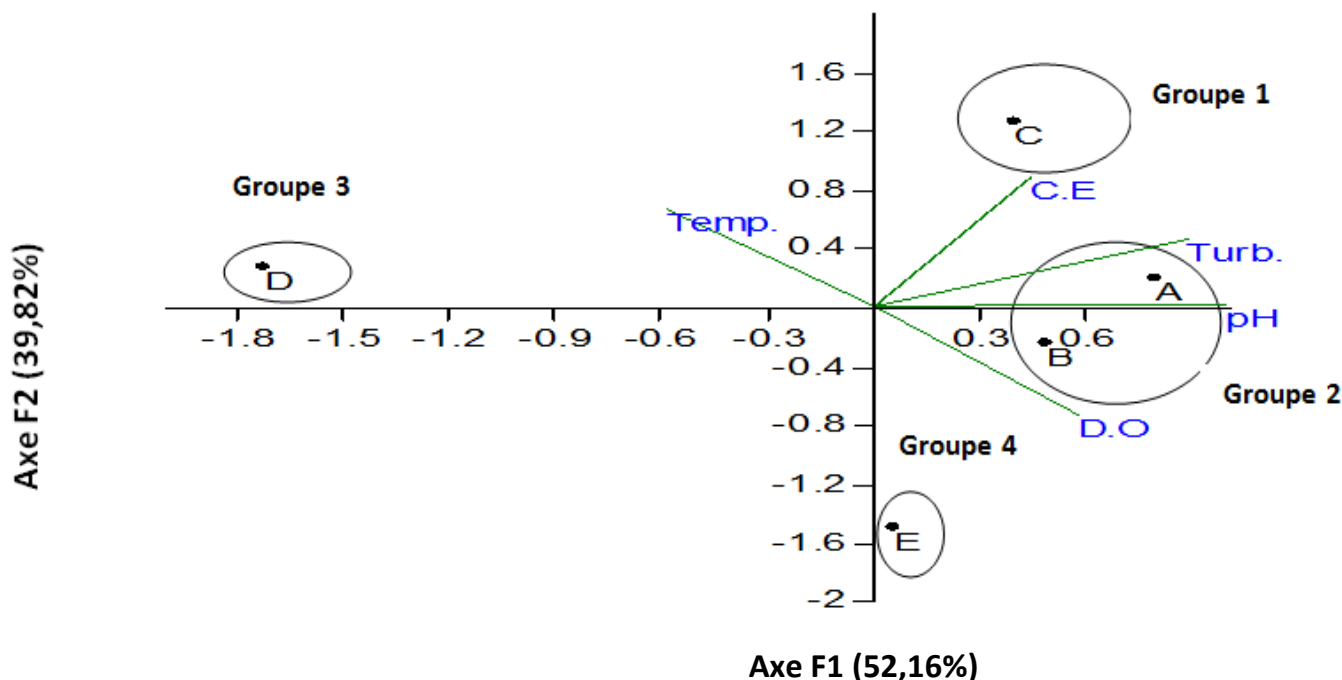


Figure 2: Graphique d'interrelation entre les paramètres et les sites

MATRICE DE CORRELATION

	pH	C.E	Turb.	D.O	Temp.
pH	1	0.44884	0.061909	0.28886	0.38828
C.E	0.4484	1	0.11853	0.52285	0.55719
Turb.	0.85944	0.78148	1	0.85771	0.65835
D.O	0.59598	-0.38445	0.11199	1	0.22393
Temp.	-0.50247	0.35541	-0.27171	-0.6616	1

Figure 3: Matrice de corrélation entre les paramètres physico-chimiques dans l'eau

Au regard de la figure 2, représentant le graphique d'interrelation entre les paramètres physico-chimiques par rapport aux stations, il se dégage, l'existence de quatre groupes distincts (Groupes 1, 2, 3, 4). Le premier groupe, constitué de la station C se trouve sous l'influence de la conductivité électrique, qui présente avec la turbidité une corrélation positive hautement significative avec un coefficient de **0.78148**. En pratique, l'existence d'une telle corrélation n'est pas tellement prise en compte, dans le cas présent cette situation se justifie du fait qu'au point C, la jonction entre les rivières Lubumbashi et Kafubu, la vitesse de l'eau diminue, on note l'entrée des eaux de drainage des communes Kamalondo, Kenya et Katuba charriant de déchets divers. Ce qui justifie l'augmentation de la turbidité à ce point. La forte conductivité est justifiée par l'existence en amont de la Société de Traitement de Terril de Lubumbashi qui déverse ses effluents liquides riches en substances minérales dans l'eau de la rivière Lubumbashi. Le groupe 2 constitué des stations A et B est sous l'influence du pH et du D.O. Cela se justifie car les deux stations présentent un pH neutre ou légèrement acide et un taux de D.O favorable à une vie aquatique. L'on peut donc conclure que les stations A et B ne sont pas sous l'influence des effluents de la STL, des eaux de drainage contenant des agents chimiques ou des déchets divers. On note également l'existence d'une corrélation

positive très hautement significative entre le pH et la turbidité (**0.85944**) à cheval entre le groupe 1 et 2. Cette corrélation s'explique par la dégradation des matières organiques qui contribuent à la libération des acides humiques [31], ce qui acidifie l'eau surtout à la station C, indiquant la jonction des rivières Lubumbashi et Kafubu. Le groupe 3 représenté par la station D se trouve sous l'influence de la température. Au regard des paramètres étudiés au niveau de la station D, l'on est amené à conclure que l'eau est classée dans la catégorie d'eau de mauvaise qualité et ne peut faire l'objet d'aucun usage. Le groupe 4 constitué par la station E présente des paramètres (D.O, pH) qui ont des corrélations de faible significativité. Les valeurs correspondantes de l'oxygène dissous et du pH indiquent qu'à cet endroit du deuxième bief la vie aquatique est possible, raison pour laquelle les poissons, grenouilles sont visibles à l'œil nu. Au regard des paramètres étudiés en amont de la station E, du deuxième bief, on comprend que la rivière a exercé un haut pouvoir auto-épurateur lié d'une part à la dégradation de la matière organique, et d'autre part à la dilution de l'eau du bassin versant de la Kafubu par l'apport des eaux de pluie étant donné que celui constitue l'exutoire, donc le point de chute des eaux de plusieurs rivières de la ville de Lubumbashi.

4 CONCLUSION

Il ressort de cette étude sur les mesures des paramètres physico-chimiques (pH, Température, D.O, Turbidité, C.E) que les eaux des rivières Lubumbashi et Kafubu sont de mauvaise qualité à certains endroits et ne doivent pas faire l'objet d'usage afin de prévenir les risques sur la santé de l'homme ainsi que de celle des êtres aquatiques. Cette situation est due à deux phénomènes majeurs observés sur les eaux. Il s'agit de la présence de la Société de Traitement de Terril (STL) qui déverse sans traitement préalable d'importantes quantités d'effluents liquides chauds dans la rivière Lubumbashi. Ces effluents contribuent au changement des paramètres étudiés et rendent le milieu (Eau) défavorable aux processus biologiques et chimiques que les êtres aquatiques devraient réaliser en conditions optimales. Un autre phénomène qui influence la modification des paramètres physico-chimiques est la présence des déchets divers (ordures ménagères, déchets organiques, détergents riches en agents chimiques) déversés par les populations des communes Kamalondo, Kenya et Katuba dans les deux rivières à l'étude. L'on notera que la dégradation des déchets organiques consomme l'oxygène dissous en quantité, ce qui explique son faible taux, défavorable à la vie de certains êtres aquatiques tels que les poissons. Cette dégradation des déchets organiques contribuent également à la libération des acides organiques (humiques) ayant la capacité d'acidifier l'eau au regard des valeurs obtenues sur le pH. En considérant l'aval de la rivière Kafubu comme l'exutoire et au regard du niveau des paramètres physico-chimiques mesurés, l'on peut conclure que le pouvoir auto-épurateur des rivières s'est exercé d'une manière très significative sur les eaux qui se déversent dans le bassin versant de la Kafubu. Cette situation est expliquée par l'apport de grandes quantités d'eaux de pluies (drainage) dans les deux rivières, ce qui justifie la dilution des agents chimiques toxiques.

Pour clore ce chapitre, deux recommandations importantes méritent d'être adressées d'une part à la population riveraine en particulier, et à la population Lushoise en général. D'autre part aux autorités ayant en charge la ville de Lubumbashi, en matière d'assainissement du milieu et de gestion des déchets pour offrir à la population, un environnement sain propice à une bonne santé.

A la population riveraine

- D'éviter de déverser toutes sortes des déchets (déchets organiques, ordures ménagères, détergents chimiques, déchets électroniques,...) dans les cours d'eau ;

Aux autorités de la ville de Lubumbashi

- De contraindre aux opérateurs industriels et miniers, de pratiquer la politique de **ZERO rejet**, donc d'éviter de rejeter leurs effluents hors de leurs concessions ;
- De contraindre aux opérateurs industriels d'installer des dispositifs modernes de traitement des effluents (liquides et solides) par leurs recyclages ;
- D'apprendre à la population par des formations à la base ou par les medias, les techniques de gestion des déchets (organiques, chimiques, biologiques ou médicaux) d'abord au niveau local (chez sois) ;
- De disponibiliser les poubelles (plastiques ou métalliques) aux endroits stratégiques pour permettre à la population d'en faire usage afin de réduire le risque de déversement des déchets dans les cours d'eau.

REFERENCES

- [1] Corcoran, E., Nellemann, C., Baker, E., Bos, R., Osborn, D. et Savelli, H. (eds.), 2010. Sick Water? The central role of wastewater management in sustainable development, A Rapid Response Assessment, United Nations Environment Programme, UN-HABITAT, GRID-Arendal. www.grida.no, Printed by Birkeland Trykkeri AS, Norway, pp. 5-82.
- [2] Concas, A., Ardaou, C., Cristini, A., Zuddas, P., Cao, G., 2006. Mobility of heavy metals from tailings to stream waters in a mining activity contaminated site. *Chemosphere* 63, 253p.
- [3] Mc KINNEY M.L. (2002). Urbanization, biodiversity and conservation. *Biosci.*, 52, 883-890.
- [4] MULLISS R.M, REVITT D.M., SHUTES R.B.E. (1997). The impacts of discharges from two combined sewer overflows on the water quality of an urban watercourse. *Water Sci. Technol.*, 36, 195-199.
- [5] BURTON G.A.JR., PITT R.E. (2001). Stormwater effects handbook, a toolbox for watershed managers, scientists, and engineers. CRC/ Lewis Publishers, 875p.
- [6] Banza, C.L.N., Nawrot, T.S., Haufroid, V., Decree, S., De Putter, T., Smolders, E., Kabyla, B.I., Luboya, O.N., Ilunga, A.N., Mutombo, A.M., Nemery, B., 2009. High human exposure to cobalt and other metals in Katanga. *Environ. Res.* 109, 745–752
- [7] MOULAERT, N., Emissions de l'industrie métallurgique à Lubumbashi (Shaba - Zaïre) et conséquences sur l'environnement, Travail de fin d'études inédit, Faculté des Sciences Agronomiques de Gembloux, Gembloux, 1992.
- [8] GHISLAIN, Y., GECOMIN. Traitement métallurgique, in Les expatriés de Lubumbashi, [en ligne], <http://lubum2.free.fr/umhk/gecomin/traitement.htm>, page consultée le 10Fevrier 2015.
- [9] Atibu, K.E., Devarajan, N., Thevenon, F., Mwanamoki, P.M., Tshibanda, J.B., Mpiana, T.P., Prabakar, K., Mubedi, I.J., Wildi, W., Poté, J., 2013. Concentration of metals in surface water and sediment of Luilu and Musonoie Rivers, Kolwezi-Katanga, Democratic Republic of Congo. *Art.* 26, 1-7.
- [10] Kashimbo Kalala S., Mongoli Mwanga B., Kazadi Kanyama P., Mpundu Mubemba M., "Influence of a hydrometallurgical plant in active on the water quality of the Naviundu channel: Case of the Chemical Plant of Africa (CHEMAF) Lubumbashi / Katanga, DR. Congo," *International Journal of Innovation and Scientific Research*, vol. 16, no. 2, pp. 433–447, July 2015.
- [11] W.H.O. 1998. Guideline for drinking water quality, 2nd ed., vol. 2, health criteria and other supporting information. World Health Organisation, Geneva.
- [12] Akwerali Sombo J., et al 2013. Plan d'aménagement et de gestion des ressources en eau dans la ville de Lubumbashi. UNILU/Facultés des sciences. Rapport, 56p.
- [13] Ngongo M.L., Van Ranst E., Baert G., Kasongo E.L., Verdoodt A., Mujinya B.B. & Mukalay J.M., 2009. Guide des Sols en R.D.Congo, Tome I. Etude et Gestion. UGent, HoGent, UNILU. Lubumbashi, 262 p.
- [14] BERNARD, E., 1950. Aperçus fondamentaux sur la climatologie du Katanga. C.S.K., Comptes Rendus, Congrès Scientifique, Elisabethville, 13-19/08/1950. IV, 1:56-96.
- [15] SEL.LR (1996-2000). Le protocole de surveillance FOGEM. La surveillance FOGEM des zones humides côtières du Languedoc-Roussillon Annexe 2000-2005. 7p.
- [16] McNeely, R.N., V.P. Neimanis and L. Dwyer. 1979. Water Quality Sourcebook – A Guide to Water Quality Parameters. Inland Waters Directorate, Water Quality Branch, Minister of Supply and Services Canada. Ottawa, ON.
- [17] LEYNAUD G. (1968). Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.
- [18] BREMOND R., PERRODON C. (1979). Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et cadre de vie. Prévention des pollutions. 2eme éd: 259 p.
- [19] LEYNAUD G. (1968). Les pollutions thermiques, influence de la température sur la vie aquatique. B.T.I. Ministère de l'agriculture, 224-881.
- [20] DE VILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, 16p.
- [21] DALMAS P., 2000. Mesures de conductivité sur une eau pure ou comment appliquer la norme USP24-NF19. Article paru dans la Gazette du Laboratoire, 4p.
- [22] Beauchamp J., 2005. Cours de Sédimentologie, Transport des matériaux. Université de Picardie Jules Verne, Chap. 4.
- [23] DE VILLERS J., SQUILBIN M., YOURASSOWSKY C., 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface: cadre général Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement / Observatoire des Données de l'Environnement, 16p.
- [24] BREMOND R., PERRODON C. (1979). Paramètres de la qualité des eaux. Ministère de l'environnement et cadre de vie. Prévention des pollutions. 2ème éd: 259 p.
- [25] Miller, J.R., Hudson-Edwards, K.A., Lechler, P.J., Preston, D., Macklin, M.G., 2004. Heavy metal contamination of water, soil and produce within riverine communities of Rio Pilcomayo basin, Bolivia. *Sci. Total Environ.* 320, 189–209.

- [26] GULLIVER J.S. et H.G. STEFAN, 1984b. Stream productivity analysis with DORM-II, parameter estimation and sensitivity. *Water Res.*, 18, 1577-1588.
- [27] FLEISCHER. M., 1974. Iodine. *Geochemistry and the Environment*. Vol. 1. The relationship of Selected Trace Elements to Health and disease. NAS. Washington. USA, 26 pp.
- [28] HEBERT S., LEGRE S. (2000). Suivi de la qualité de l'eau des rivières et petits cours d'eau. Direction du suivi de l'état de l'environnement, Ministère de l'Environnement Gouvernement du Québec, 5 p.
- [29] SABATER S., ARMENGOL J., COMAS E., SABATER F., URRIZALQUI I. et I. URRUTIA, 2000. Algal biomass in a disturbed Atlantic river: water quality relationships and environmental implications. *Sci. Total Environ.*, 263, 185-195.
- [30] LÉGARÉ S., 1998. Dynamique de l'oxygène en lac et en rivière dans le bassin versant de la rivière Saint Charles. Mémoire Maîtrise, Université Laval, Sainte-Foy, 146 p.
- [31] HOWARTH R. W., MARINO R., GARRITT R. et D. SHERMAN, 1992. Ecosystem respiration and organic carbon processing in a large, tidally influenced river: the Hudson River. *Biogeochem.*, 16, 83-102.