



Impact des collecteurs d'eaux pluviales sur la baie Nord-Est du lac Tanganyika

Ndikumana Th¹., Bizindavyi E²., Kisoholo A.³ et Vasel J.L.⁴

¹ Université du Burundi, Département de Chimie; theo.ndikumana@gmail.com;

² Lycée de Rutovu;

³ Université Catholique de Bukavu;

⁴ Université de Liège, Unité Assainissement et Environnement, 6700 Arlon, Belgique

Reçu: le 11 Avril 2013

Accepté: le 19 Octobre 2013

Publié: le 11 Novembre 2013

RESUME

Mots-clés: Bujumbura, collecteurs d'eaux pluviales, débit, charge polluante, lac Tanganyika

Le centre de la ville Bujumbura est traversé par des collecteurs d'eaux pluviales qui débouchent dans la baie Nord-est du lac Tanganyika. Ces collecteurs, simplement dénommés R1, R2, R3, R4 et R5 se concentrent entre l'ancien Cercle nautique et le port de Bujumbura. La présente étude porte sur la mesure des paramètres de pollution et du débit des collecteurs R1, R2 et R3. Les paramètres de pollution, mesurés par l'utilisation des kits de réactifs et évalués par un photomètre sont la demande chimique en oxygène (DCO), la demande biochimique en oxygène (DBO₅), les ions ammonium, nitrate et phosphate. Ils permettent d'établir le pollutogramme de ces collecteurs. Le débit a été mesuré par la méthode d'injection de bulles en période sèche et en période humide. Les variations du débit, au cours de la journée, permettent d'évaluer l'hydrogramme du collecteur. Le débit journalier étant de 9446 m³ ces valeurs nous permettent d'évaluer la charge polluante déversée dans la baie Nord-Est du lac Tanganyika à hauteur de: DCO: 11269 kg; DBO₅: 1195kg; NO₃: 87 kg; NH₄: 113 kg; PO₄: 61 kg. Ces quantités de polluants riches en nutriments expliquent la prolifération de plantes dans la zone sous étude avec risque d'eutrophisation de la baie.

ABSTRACT

Key words: Bujumbura, storm drains, flow measurement, pollution load, Lake Tanganyika

The downtown Bujumbura is crossed by storm drains that flow into the bay North of Lake Tanganyika. These collectors, simply referred to as R1, R2, R3, R4 and R5 are concentrated in the former Yacht Club and the port of Bujumbura. This study focuses on the measurement of pollution parameters and flow collectors R1, R2 and R3. Pollution parameters, as measured by the use of reagent kits and measured by a photometer are the chemical oxygen demand (COD), biochemical oxygen demand (BOD₅), ammonium, nitrate and phosphate. They help establish the pollutogram of these collectors. The flow rate was measured by the bubble injection method in the dry season and wet season. Flow variations during the day allow evaluating the hydrogram manifold. Given the daily flow of 9446 m³, the measured values of the pollution parameters allow us to assess the pollution load discharged into the North- East Bay of Lake Tanganyika up to: COD: 11269kg; BOD₅: 1195kg; NO₃: 87kg; NH₄: 113kg; PO₄: 61kg. These quantities of nutrient rich pollutants explain the growth of plants in the area under study with risk of eutrophication of the bay.

1. INTRODUCTION

Le centre de la ville Bujumbura est traversé par des collecteurs d'eaux pluviales qui débouchent dans la baie Nord-Est du lac Tanganyika. Ces collecteurs, simplement dénommés R1, R2, R3, R4 et R5 se concentrent entre l'ancien Cercle nautique de Bujumbura et le port (Fig. 1).

Lorsque la mer (ère) nourricière est malade, l'enfant est aussi malade ! Déjà à l'époque de Pline

l'Ancien, la mer des Romains était baptisée « Mare Nostrum » (notre mer), pour signifier que c'était leur propriété (jusqu'aux limites géographiques) qu'il fallait protéger à tout prix. Le lac Tanganyika est par excellence notre « Mare Nostrum »: nous y puisons l'eau de consommation, les poissons de divers usages; c'est la voie navigable de communication avec l'East African Community qui achemine un tonnage important de biens de consommation, etc. La baie Nord-Est de notre lac présente un aspect qui interpelle notre conscience.



En effet, outre que le poisson s'y est raréfié, il s'y développe des plantes qui font penser à un apport important de nutriments qui favorisent cette prolifération. La figure 1 présente l'ensemble des collecteurs d'eaux pluviales qui aboutissent dans la baie Nord-Est du lac Tanganyika. De façon générale, les eaux de pluie se chargent de poussières de l'air, lessivent les toitures, les trottoirs et les chaussées, rejoignent le réseau d'assainissement, érodent les dépôts se trouvant dans les collecteurs avant de rejoindre le milieu récepteur. Le développement croissant des infrastructures dans la ville de Bujumbura au cours des dernières décennies génère une quantité très importante de polluants. Il est connu que les rejets urbains de temps de pluie sont l'un des vecteurs principaux des polluants des eaux de surfaces. Ces polluants provoquent la dégradation de la qualité écologique et/ou des fonctions d'usage des milieux aquatiques (Petavy, 2007). C'est ce qu'illustre la figure 2. Un certain nombre de raisons

militent donc pour l'étude de l'impact de ces collecteurs d'eaux pluviales sur cette baie:

- Ils drainent des eaux aussi bien par temps sec que par temps de pluie et l'odeur de ces eaux par temps sec est assez repoussante;
- Des plantes se développent sur tout le littoral sous influence de ces collecteurs comme l'indique la figure 3A,B;
- Le service de traitement et de distribution d'eau potable puise l'eau brute à 3 km en face de ces collecteurs.

De plus, le suivi du tracé de ces collecteurs révèle que des raccordements sauvages d'eaux usées domestiques sont pratiqués sans aucun contrôle comme le montre la figure 3C,D.

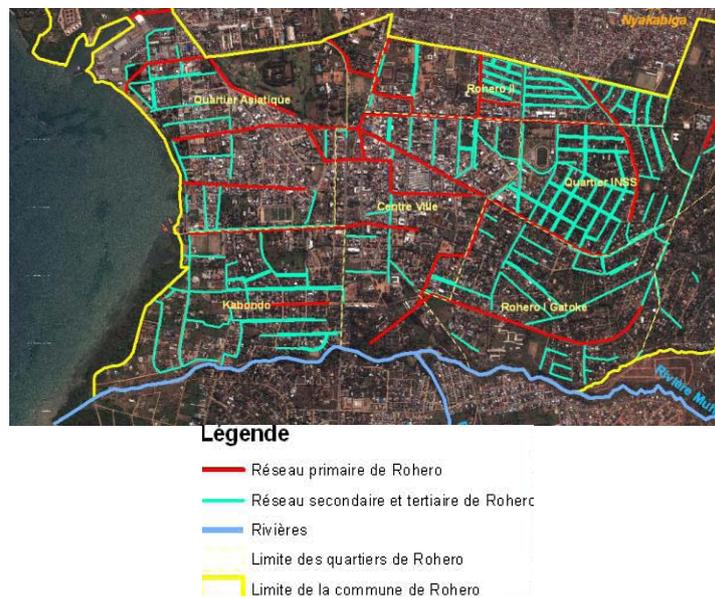


Fig. 1: Réseau d'eaux pluviales de la Commune Rohero

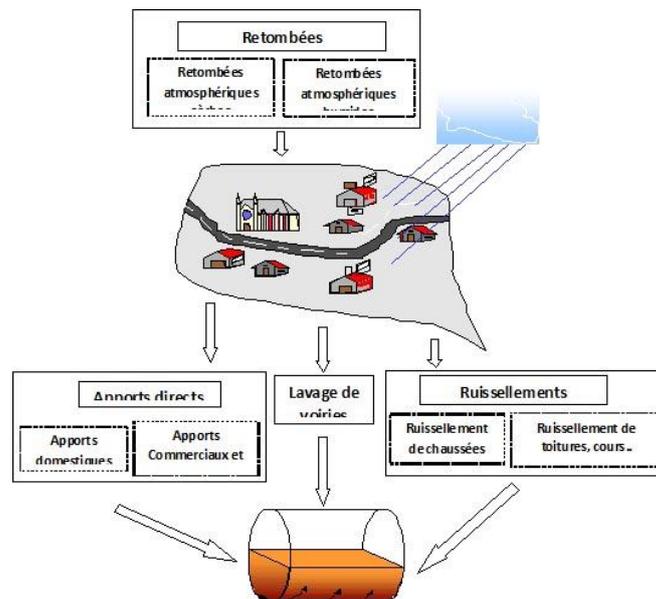


Fig. 2: Quelques sources de pollution de l'eau (MOUNIRA, 2006)



Fig. 3A-D: A,B: Eutrophisation provoquée par le flux polluant des collecteurs R₂ (à gauche) et R₃ (à droite); C,D: eaux usées et raccords de 110 mm sur le collecteur R2

Afin de cerner un tant soit peu cette problématique, nous allons nous intéresser au débit d'eau drainée par les collecteurs R1, R2 et R3 ainsi qu'aux paramètres indicateurs de pollution que sont la demande chimique en oxygène, la demande biochimique en oxygène, les ions ammonium, nitrates et phosphates.

2. METHODOLOGIE

Comme indiqué à la figure 1, tous les trois collecteurs prennent naissance au centre de la ville. Le collecteur R1 longe l'avenue du 13 Octobre, reçoit essentiellement le trop plein de l'usine d'eau du lac Tanganyika, se charge en produits de lavage des voitures, des moteurs et de nettoyage divers pour enfin se jeter dans le lac. Les collecteurs R2 et R3 prennent naissance au centre ville de part et d'autre du marché Central de Bujumbura, se chargent de polluants issus du nettoyage du marché, des chaussées, traversent le quartier asiatique densément peuplés, avec diverses activités industrielles et de mécanique automobile.

La mesure du débit a été réalisée avec un injecteur de bulles d'air dont le schéma est repris à la figure 4 (Dufaty et al., 1994). Le principe de mesure consiste à l'injection de bulles au fond du cours d'eau qui, en remontant à vitesse constante, se déplacent vers l'aval jusqu'à atteindre la surface. Une mesure de la distance horizontale parcourue par les bulles pendant leur remontée entre le fond et la surface est effectuée en plusieurs points répartis sur la largeur du collecteur. En reliant entre eux les différents points de sortie des bulles, une surface (S) peut être déterminée. Elle est directement proportionnelle au débit.

Si t est le temps de séjour de la bulle dans l'eau et en admettant que la vitesse de remontée des bulles V_r est constante, on peut écrire:

$$t = \frac{D}{V_a} = \frac{Z}{V_r} \text{ avec } \overline{V_a} = \frac{\int_0^Z V_a(z).dz}{Z}$$

Quelques transformations permettent d'éliminer Z et supprimer ainsi la dépendance en la profondeur, pour obtenir :

$$D.V_r = \int_0^Z V_a(z).dz$$

Le débit étant par définition égal à l'intégration des vitesses d'écoulement sur l'ensemble de la section et en considérant que la bulle se déplace à la même vitesse que la masse d'eau dans laquelle elle se trouve, on obtient :

$$Q = \int_0^x D(x).V_r.dx$$

En appliquant l'hypothèse que la vitesse de remontée de la bulle est constante, on obtient :

$$Q = V_r \int_0^x D(x).dx \quad \text{ou}$$

$$Q = V_r * S$$

Le coefficient V_r est pris égal à 0,02956.

La mise en œuvre de la technique est conduite en notant les distances parcourues par les bulles, tout en retranchant le décalage existant entre la perche et l'injecteur. Le calcul de la surface (S) est effectué par la méthode des trapèzes dont la formule revient à

$$S = \sum_{i=1}^{i-1} \left[L_x \left(\frac{D_{x_i} + D_{x_{i+1}}}{2} \right) \right]$$

Où L_x = intervalle entre les points d'injection des bulles et D_{x_i} = la distance parcourue par les bulles. Un exemple de mesure du débit est donné à la figure 7.

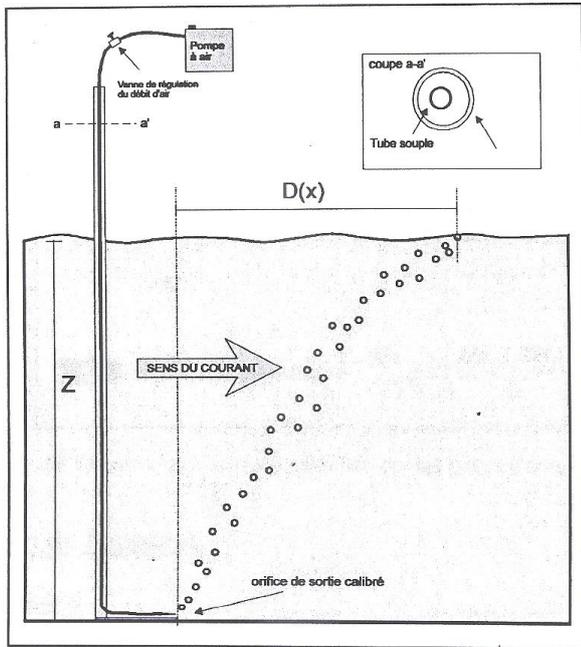


Fig. 4: Schéma de l'appareil à injection de bulles

La demande chimique en oxygène (DCO) est mesurée avec des tubetests contenant tous les réactifs nécessaires à la minéralisation et à l'apparition de la couleur. L'évaluation est faite au photomètre Palintest. Il en est de même pour les ions ammonium et phosphates. La demande biochimique en oxygène (DBO) est mesurée avec des bouteilles OxyTop® dans lesquelles nous introduisons une quantité d'échantillon indiquée pour la gamme de DBO estimée. Le tout est placé dans un incubateur qui assure une température constante de 20°C. La figure 5 montre tout l'équipement utilisé pour ces deux paramètres.



Fig. 5A-C: A : minéraliseur, B : photomètre Palintest, C : DBO-mètre

3. RESULTATS ET DISCUSSION

Les mesures du débit en fonction des heures de la journée, par temps sec, se présentent telles qu'illustrées à la figure 6. La variation des points d'émergence étant liée à la variation du débit, on conclut que celui-ci est directement lié aux activités humaines, signe éloquent que des connexions d'eaux usées des ménages sont pratiquées comme l'a montré la figure 4. Les variations du débit, au cours de la journée et sur une période d'environ un mois, ainsi que les valeurs des paramètres de pollution permettent d'établir le pollutogramme de ces collecteurs (Assamoi et al, 2009). Un exemple en est donné à la figure 7 pour le collecteur R2. Le traitement des données recueillies sur les trois collecteurs permet de dresser le tableau 1 qui en présente la synthèse.

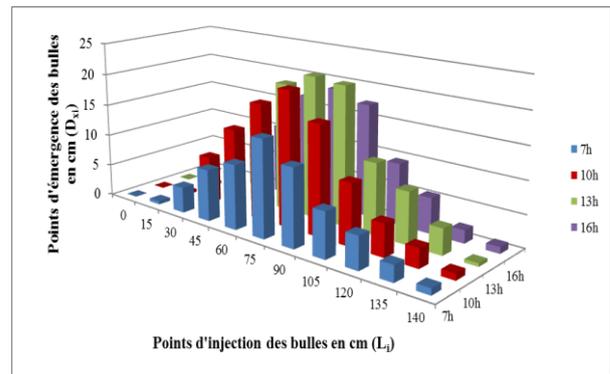


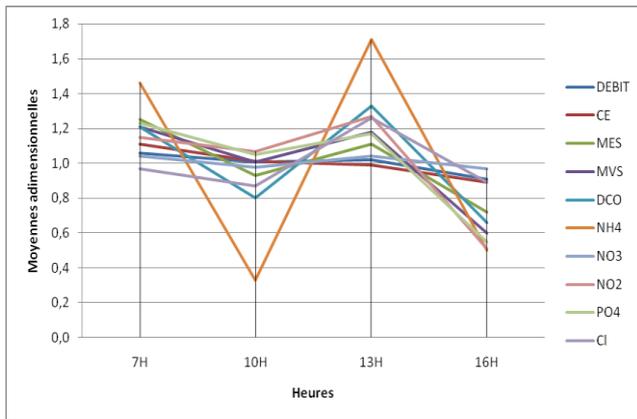
Fig. 6: Exemple de mesure du débit du collecteur R2 en fonction des heures de la journée

Tableau 1: Valeurs des paramètres de pollution véhiculée par les collecteurs aériens par temps sec

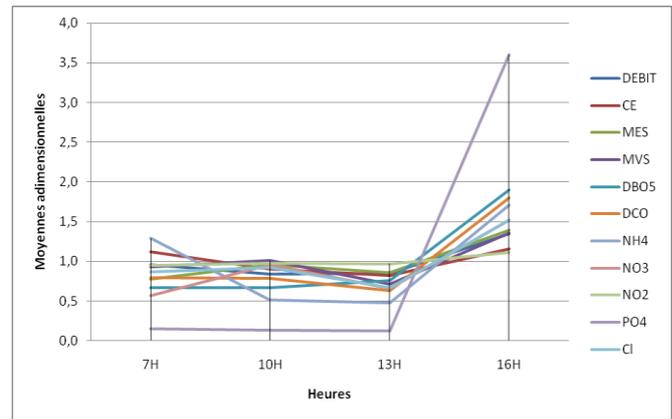
Collecteur	R1	R2	R3
Paramètres			
pH	8.52 - 9.1	7.62	7.55
Conductivité (µS/cm)	1542	990	2674
Débit (m ³ /j)	3980	2160	3306
DCO (mg O ₂ /l)	676	209	308
DBO ₅ (mg O ₂ /l)	39	51.5	114
NO ₃ ⁻ (mg/l)	0.06	7.61	1.58
NH ₄ ⁺ (mg/l)	2.44	2.7	6.86
PO ₄ ³⁻ (mg/l)	0.45	0.56	5.5

Les moyennes adimensionnelles, obtenues en divisant les valeurs des paramètres par leurs moyennes, montrent que tous les paramètres passent par un maximum à la même période de la journée par temps sec. Par temps de pluie, on tend vers une égalisation.

Tenant compte des débits véhiculés, ainsi que des valeurs de chaque paramètre de pollution, on calcule, par la relation suivante, le flux polluant déversé dans le lac Tanganyika:



(A)



(B)

Fig. 7A-B: Pollutogramme du collecteur R2 par temps sec (A) et par temps de pluie (B)

$F \text{ (kg/j)} = Q_i \times C_i \times \Delta t_i$ où F est le flux polluant, Q_i le débit, C_i la concentration d'un polluant donné et Δt_i l'intervalle de temps entre deux mesures. Le tableau 2 donne le flux de matières déversées journalièrement dans la baie Nord-est du Lac. Il est intéressant d'observer que les trois collecteurs véhiculent des polluants de nature assez différente. En effet, le rapport DBO/DCO vaut 0.06, 0.25 et 0.37 respectivement pour R1, R2 et R3. Un rapport aussi faible pour R1 est indicatif de polluants peu biodégradables comme l'indique la présence fréquente d'huiles minérales. Par contre, les deux autres collecteurs ont un rapport indicatif d'une biodégradabilité notable, surtout les eaux du collecteur R3 dont l'odeur repoussante par moment présage de la présence de matières organiques en décomposition avancée.

Le fait que la charge polluante augmente notablement par temps de pluie appelle quelques considérations :

- L'effet de premier flot ne peut expliquer à lui seul cette augmentation. Une enquête menée dans d'autres quartiers de Bujumbura sur le mode d'évacuation des déchets solides révèle que les gens se débarrassent des divers déchets vers les canaux d'évacuation des eaux de pluies (Ndayizeye, 2012);
- Le fait que le rapport DBO/DCO reste presque identique par temps sec que par temps de pluie montre que la pollution véhiculée est surtout particulière.

Le pH de l'eau du lac Tanganyika est voisin de 9. L'azote ammoniacal déversé dans le lac sera notablement sous forme de NH_3 ($\approx 40\%$) (Fresenius, 1988), forme extrêmement toxique pour les poissons. A terme, l'eau de consommation puisée dans le lac et traitée au chlore pourrait se charger de chloramines avec d'éventuelles incidences sur l'organisme.

Tableau 2 : Flux polluant envoyé dans la baie Nord-est du lac Tanganyika en kg/j

Collecteur \ Polluant	R1		R2		R3	
	sec	pluie	sec	pluie	sec	pluie
DBO ₅	155	-	111	553	544	1015
DCO	2690	-	413	1634	918	6837
NH ₄ ⁺	9.7	-	4.8	5.8	30	85
NO ₃ ⁻	2.3	-	16.4	21.7	5.2	-
PO ₄ ³⁻	1.8	-	0.3	8.9	27	45

4. CONCLUSION

La méthode par injection de bulles nous a permis de connaître le débit d'eau drainée par les trois collecteurs étudiés. La mesure des paramètres principaux de pollution révèle une pollution importante des eaux drainées qui impacte négativement sur la baie Nord-Est du lac Tanganyika. Ce débit permet d'évaluer la charge polluante que ces collecteurs rejettent journalièrement, suivant les conditions climatiques, soit 111 à 1015 kg de DBO, 413 à 6837 kg de DCO, 2.4 à 85 kg de NH_4^+ , 2.4 à 21.7 kg de NO_3^- et 0.3 à 45 kg de PO_4^{3-} .

Les quantités de nutriments (azote et phosphore) envoyés dans le lac expliquent largement la prolifération de plantes qui finissent par s'approprier les berges au détriment des activités de plaisance. Cet ensemble d'observations militent pour une gestion différente des eaux véhiculées par ces collecteurs en vue d'une meilleure protection du lac Tanganyika. En particulier, une législation rigoureuse et un contrôle régulier en matière d'occupation du sol pour décourager les connections sauvages vers le réseau d'eaux pluviales. Dans le même ordre d'idées, la législation obligerait à chaque occupant de parcelle de creuser un puisard pour gérer l'eau de pluie à l'intérieur de la parcelle.

Enfin, étant donné que l'eau de ces collecteurs a un caractère d'eau usée domestique, il est urgent de gérer ces eaux dans la station de traitement en service aujourd'hui. Un bassin d'orage serait également conçu, ainsi qu'un programme de suivi régulier des paramètres de pollution pour une gestion saine des eaux de pluie.

BIBLIOGRAPHIE

1. Assamoi, B.A., Coulybaly, L. et Savanei, I. (2009) . Dynamique comparée des nutriments (N,P) et des solides dans deux collecteurs d'eaux pluviales anthropisés par les rejets industriels et domestiques à Abidjan; Côte d'Ivoire. *European Journal of Scientific Research* ISSN 1450-216X, Vol 25, N2, 280-289
2. Dufayt , O., Nameche, Th., Vasel, J. L., Edeline, F. (1994) . *Une méthode simple de mesure de débit dans les chenaux à écoulement libre. Système à injection de bulles.* Fondation Universitaire Luxembourgeoise, Université de Liège.
3. Fresenius, W., Quentin, K.E., Schneider, W. (Eds.), (1988), *Water Analysis*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
4. Mounira, K. B. (2006) . *Variabilité spatiale des caractéristiques et des origines des polluants de temps de pluie dans le réseau d'assainissement unitaire parisien*, Thèse de doctorat, Ecole Nationale des Ponts et Chaussées, 500 p.
5. Ndayizeye, W. (2012) . *Mémoire de Maîtrise.* Université de Liège, Uae, 6700 Arlon.
6. Petavy, F. (2007) . *Traitement et valorisation des sédiments de l'assainissement pluvial*, Thèse de Doctorat, Université de Nantes. Thèse de doctorat, Université de Nantes, 282 p.