

Pollution des eaux de surface et ses conséquences sur les écosystèmes aquatiques et les humains : cas des rivières de Kinshasa en République Démocratique du Congo (*Synthèse bibliographique*)

Salakiaku Luntadila Djani¹, Roger Ndompetolo Zulu Vevele¹, Axel Lesa Luseku¹, Michel Mbumba Bandi^{1,2}

⁽¹⁾Institut Supérieur d'Etudes Agronomiques de Zomfi. Territoire de Madimba, Province du Kongo central (RDC). E-mail: giannisalakiaku@yahoo.fr

⁽²⁾Université de Kinshasa. Faculté des Sciences Agronomiques. BP 127 Kinshasa XI (RDC).

Reçu le 26 juin 2022, accepté le 20 octobre 2022, publié en ligne le 29 octobre 2022

RESUME

Introduction. Face aux défis liés aux pollutions, la gestion durable de l'environnement est l'un des défis les plus importants que l'humanité entière est confrontée. Le présent article est la synthèse bibliographique des travaux sur la pollution des eaux de surface en République Démocratique du Congo en général et celles des rivières de Kinshasa en particulier. Pour y arriver, la revue documentaire a été utilisée à travers les écrits disponibles sur le web et les bibliothèques locales.

Littérature. Pendant des années, les chercheurs se sont concentrés et ont étudié l'influence des pollutions de l'eau sur les écosystèmes terrestres. Des résultats indiquent que la pollution de l'eau représente des grands risques pour les organismes vivants et l'environnement physique. En effet, la présence des polluants dans l'eau peut conduire à des effets néfastes sur la santé humaine se manifestant par diverses maladies telles que l'hépatite, l'encéphalite, la gastro-entérite, la diarrhée, les vomissements, les maux d'estomac, et également des problèmes de reproduction et des troubles neurologiques. Par ailleurs, les polluants, directement ou indirectement déversés dans l'eau, sans traitement adéquat provoquent des changements biologiques, chimiques et physiques sur le fonctionnement des écosystèmes aquatiques.

Conclusion. Cette recherche permet de disposer des bases techniques solides et inclusives pour élaborer des plans de gestion durable des écosystèmes aquatiques face à la pollution de l'eau. Des études sur les risques de bioaccumulation sont nécessaires.

Mots-clés : Pollution, Eaux de surface, Ecosystème, Santé humaine, riverains, Kinshasa

ABSTRACT

Surface water pollution and his consequences on aquatic ecosystems and humans : case of rivers of Kinshasa in the Democratic Republic of Congo (*bibliographic synthesis*)

Introduction. Faced with the challenges related to pollution, the sustainable management of the environment is one of the most important challenges that the whole of humanity is facing. This article is a bibliographic synthesis of works on surface water pollution in the Democratic Republic of Congo in general and those of rivers of Kinshasa in particular. To achieve this, the literature review was used through the writings available on the web and local libraries.

Literature. For years, researchers have focused on and studied the influence of water pollution on terrestrial ecosystems. Results indicate that water pollution represents great risks for living organisms and the physical environment. Indeed, the presence of pollutants in water can lead to adverse effects on human health manifested by various diseases such as hepatitis, encephalitis, gastroenteritis, diarrhea, vomiting, stomach upset, and also reproductive problems and neurological disorders. In addition, the pollutants, directly or indirectly discharged into the water, without adequate treatment cause biological, chemical and physical changes on the functioning of aquatic ecosystems.

Conclusion. This research provides a solid and inclusive technical basis for developing sustainable management plans for aquatic ecosystems in the face of water pollution. Studies on bioaccumulation risks are needed.

Keywords: Pollution, Surface water, Ecosystem, Human health, Residents, Kinshasa

1. INTRODUCTION

L'eau est la vie selon que sans elle il n'y a de possibilité de vie ni pour les plantes, ni pour les animaux, ni pour les hommes. L'eau constitue une ressource indispensable aux besoins des humains et au fonctionnement des écosystèmes (Baechler, 2012). Mais, la disponibilité des ressources hydriques est liée à la qualité de l'eau, étant donné que la pollution des sources hydriques est liée aux types d'utilisation (OMS, 2017). En effet, l'augmentation des rejets d'eaux usées non traitées, combinée au ruissellement agricole et au traitement inadéquat des eaux résiduelles de l'industrie, ont entraîné la dégradation de la qualité de l'eau dans le monde. Si les tendances actuelles se confirment, la qualité de l'eau continuera à se détériorer au cours des prochaines décennies, notamment dans les pays pauvres en ressources, situés dans des zones arides, mettant encore davantage en péril la santé humaine et les écosystèmes, contribuant au manque d'eau, et entravant le développement économique durable (WWAP, 2017).

La pollution de l'eau est la dégradation de ses qualités naturelles due non seulement par les activités anthropiques mais également par les phénomènes naturels (séisme, inondations, érosions, dépôts acides...). C'est en fait le résultat de divers types de rejets ponctuels ou diffus, apportant au milieu physique soit des calories (pollution thermique), soit des substances minérales ou organiques (pollution chimique), soit des micro-organismes pathogènes (pollution microbienne). Il en résulte la perturbation des conditions de vie de la flore et de la faune aquatique, la compromission des utilisations de l'eau et le déséquilibre des écosystèmes aquatiques (Conrad *et al.*, 2018 ; Mirauda & Ostoich, 2018 ; Sharma *et al.*, 2019). Pour Musibono (2012), la pollution n'est pas un phénomène essentiellement humain. A cet effet, l'homme introduit directement ou indirectement, par ses activités, des substances ou énergies susceptibles de perturber les équilibres des écosystèmes récepteurs.

En République Démocratique du Congo (RDC), la pollution de l'eau est un problème de plus en plus récurrent. Depuis plusieurs décennies, le développement des secteurs économiques, des industries ainsi que le secteur des services se développent rapidement induisant plusieurs types de pollutions. Les conséquences de la pollution de l'eau s'aggravent jour par jour avec la capacité de propagation très élevée à cause d'un nombre alarmant de décharge d'eau non traitée dans le milieu naturel (Gizanga *et al.*, 2016 ; Kaybola, 2020). Les principales causes conduisant à la pollution de l'eau dans les rivières sont : les eaux usées des industries, les déchets domestiques, les déchets médicaux et l'agriculture. Dès lors, les quantités d'eau usée

déversées directement dans les rivières a un impact négatif direct sur les écosystèmes aquatiques et sur la vie des populations humaines (Musibono, 2012 ; Gizanga *et al.*, 2016). Cette situation est aggravée dans les villes, en particulier dans la capitale Kinshasa en raison d'une croissance démographique accélérée et anarchique (Lelo, 2008).

La présente recherche bibliographique s'appuie sur la synthèse des travaux réalisés sur la pollution des eaux de surface en RDC en général et celles des rivières de Kinshasa en particulier. La revue documentaire a été utilisée à travers les documents disponibles sur le web et les bibliothèques locales.

2. POLLUTION DES EAUX

2.1. Pollution des eaux de surface

L'homme rejette dans les eaux de rivières les déchets de toute nature notamment ceux domestiques, industriels et agricoles et autres. Les rejets domestiques proviennent des activités humaines de tous les jours : bains, excréments, préparation des aliments, lessive et vaisselle, urines, etc. (Bempongo, 2002). La pollution de l'eau à travers les rejets industriels concerne les pertes en matières premières dans les eaux de lavage (industries, usines...), les pertes en réactifs, incomplètement épuisés ou fixés (industrie de textile et de traitement des surfaces...), et l'élimination de produits de dégradation accompagnés souvent de matières premières (Faisal *et al.*, 2014 ; Gizanga *et al.*, 2016). Ainsi de nombreuses industries rejettent dans les eaux de surface des substances métalliques persistantes. Certaines d'entre elles sont réputés toxiques sur la santé humaine, dont neuf (9) éléments à risque : Cd, Pb, Hg, As, Ni, Cr, Cu, Zn, et Se (Burnol *et al.*, 2006).

Les activités agricoles (cultures et élevages) et forestières font recourir aux produits chimiques parmi lesquels les pesticides (herbicides, insecticides, acaricides, fongicides, etc.), les produits vétérinaires et les engrais chimiques. Ces produits constituent des sources de pollution des eaux de ruissellement et des eaux souterraines (Abdu, 2010 ; Amlan *et al.*, 2012, 2012 ; Zhang *et al.*, 2010 ; WWAP, 2017). A cet effet, des pratiques culturelles et d'élevage peuvent entraîner des dégradations environnementales dues à la sédimentation dans les cours d'eau. Les sources des polluants dans les sols des sites agricoles urbains et périurbains, sont diverses. Il peut s'agir de l'eau de rivière polluée utilisée pour l'irrigation des cultures maraichères ou celle qui inonde les rizières au moment des crues (Zhang *et al.*, 2010 ; Patel *et al.*, 2016 ; WWAP, 2017). Mais, l'accumulation des polluants dans le sol peut aussi s'avérer importante sans donner lieu à la contamination des végétaux (Nazih *et al.*, 2009 ; Ayinde, 2015). Dans ce cas, les

propriétés physico-chimiques des sols favorisaient plutôt un piégeage des polluants au niveau des sols, réduisant ainsi leur phytodisponibilité (Bidar *et al.*, 2017).

Les autres rejets dans les rivières sont les effluents des installations à caractère collectif telles que les casernes, les hôpitaux, les marchés, les écoles, les hôtels et les bornes fontaines. Par ailleurs certains riverains rejettent directement dans le cours d'eau des déchets ménagers et matières solides de toutes sortes : bouteilles, vieilles bombes aérosols, vieux appareils électroménagers, carcasses de véhicules, céramiques, métaux inoxydables et autres (Aka, 2002 ; Calvet *et al.*, 2005 ; Cunningham *et al.*, 2009). Ces rejets libèrent dans l'hydrosphère des polluants parfois dangereux tels que le fréon ou le chlorofluorocarbène, certains métaux lourds, les radionucléides. Il faut noter que le mercure minéral peu toxique à l'état métallique est transformé par les bactéries benthiques en méthyle mercure de toxicité redoutable (Aka, 2002). Ces déchets entraînent des pollutions minérales, organiques et physiques des cours d'eau.

2.2. Pollution des rivières de Kinshasa et ses conséquences

Kinshasa s'étend sur 9 965 km² et est la capitale et la plus grande ville de la République Démocratique du Congo (RDC). Avec une population estimée en 2021 à 17 millions d'habitants, Kinshasa est la troisième agglomération d'Afrique derrière le Caire et Lagos (Lelo, 2008). Elle constitue la plus grande agglomération francophone du monde, en ayant dépassé celle de Paris dans les années 2010 et figure parmi les agglomérations les plus peuplées au monde. Située sur la rive sud du fleuve Congo, au niveau du Pool Malebo, Kinshasa fait face à Brazzaville, la capitale de la République du Congo. Les limites de Kinshasa étant très étendues, plus de 90 % de sa superficie sont des espaces ruraux ou forestiers (notamment dans la commune de Maluku et celle de Mont-Ngafula). Les parties urbanisées se trouvent à l'ouest du territoire. Kinshasa a le statut administratif de la ville et constitue l'une des 26 provinces du pays.

La ville de Kinshasa est occupée depuis des siècles par des peuples bantous (Teke, Humbu) et est devenue à l'heure actuelle un lieu commercial vers 27^{ème} et 28^{ème} siècles. En 1881, l'explorateur Henry Morton Stanley nomme la ville Léopoldville en l'honneur du roi des Belges Léopold II. En 1920, elle ne compte que 1 600 habitants, et voit peu à peu sa population s'accroître jusqu'à atteindre environ 200 000 habitants en 1950. Durant la seconde moitié du 20^{ème} siècle, Kinshasa connaît un fort développement économique mais avec une urbanisation anarchique : passant d'un million d'habitants en 1970 à une population d'environ 17

millions aujourd'hui. Kinshasa est séparée de Brazzaville par le fleuve Congo. À l'intérieur, elle est traversée par une vingtaine de rivières plus ou moins parallèles ayant, presque toutes, une même direction sud-nord. Ces rivières coulent dans des vallées soit envasées, soit encaissées. Ces rivières qui constituent l'un des moyens indispensables de population habitants aux abords pour l'évacuation des eaux de la capitale occasionnant parfois des inondations et érosions, à cause d'une mauvaise urbanisation de certains coins de la ville.

Rivières dans la ville de Kinshasa

Rivières des vallées envasées

Les vallées envasées comprennent plusieurs rivières dont N'djili et Nsele, deux rivières allogènes, qui ont leurs sources en dehors de Kinshasa. Toutes deux tirent leur source de la province du Kongo Central et leurs lits sont peu profonds (Luboya, 2002; Lelo, 2008). La Ndjili a donné son nom à la commune de N'djili. Elle coule dans une plaine alluviale de 280 m et traverse les communes de Kimbanseke, N'djili, Kisenso, Matete, Limete et Masina. Sur sa rive gauche, elle est alimentée par les eaux de ses affluents qui sont : la Kwambila qui vient des collines du Mont-Amba, puis de la Matete et de la Mumfu issues des collines de Kisenso. La rivière N'djili reçoit aussi sur la même rive des eaux de son principal affluent, la Lukaya. Le bassin versant de la rivière N'djili a une superficie de 2 180 km² et se jette dans le fleuve Congo par un delta aux bras anastomosés à une altitude de 275 mètres où ses alluvions se mélangent avec ceux du fleuve. Comme la rivière Ndjili, la rivière N'sele donne aussi son nom à l'une des communes qu'elle traverse, la commune de N'sele. Elle a un bassin de 6 000 km² et coule avec beaucoup des méandres dans une vallée de 280 à 350 m d'altitude. Elle est alimentée principalement par des nombreux cours d'eau se trouvant à sa rive droite, et trace la limite de l'extension vers l'est de la ville. Les rivières Ndjili et Nsele, excentrées et peu profondes, sont les seules grandes rivières de la ville de Kinshasa navigable en pirogue sur plusieurs kilomètres.

Plusieurs autres cours d'eau des vallées envasées dont les principaux sont : Tshangu, Mokali et Tshuenge ont leurs sources aux pieds des collines de l'est dont les pentes varient entre 12 et 20 % avec un développement des cirques d'érosions dans les zones qu'elles traversent (Pain, 1978). La rivière Tshangu est la plus importante rivière sur le site bâti et dense de Kinshasa, se trouvant entre la Ndjili et la Nsele. Elle est issue des collines du sud de Kimbanseke, vers le quartier 13 et son bassin est de 45 km² (Bempongo, 2002). Elle draine quelques quartiers des communes de Kimbanseke, Ndjili et Masina où elle reçoit les eaux de la Mongo avant de se jeter

dans le fleuve Congo. La Tshangu a donné son nom au district administratif de la Tshangu. La rivière Tshwenge tire son origine de collines de la Nsele à 340 m d'altitude. Elle traverse les communes de Kimbanseke et de Masina. La rivière Matete est le principal affluent de la rivière Ndjili et traverse les communes notamment de Lemba, Matete, Mont-Ngafula, Limete et Kisenso où il tire sa source. Elle parcourt sur 10 600 mètres un bassin versant très densément habité d'environ 1 276 hectares avant de jeter dans la Ndjili avec un débit de 110 m³ (Mbokolo, 2004 ; Lokakao & Shamba, 2015). À ces rivières des vallées envasées, il faut ajouter les rivières Mangu et Mokali qui reçoivent des eaux de plusieurs petits ruisseaux de la contrée.

Rivières des vallées encaissées

Ce sont des rivières nées sur le site de Kinshasa. Toutes ces rivières naissent aux pieds des collines dont les pentes sont supérieures à 20 %, sur des versants raides, développant parfois des cirques d'érosions à leurs passages (Bolia, 2004). Parmi ces rivières, il convient de citer Lukunga, Lubudi, Basoko, Mampenza, Bumbu, Funa, Yolo, Gombe, Bitshaku Tshaku

La rivière Lukunga est l'une des plus importantes rivières des vallées encaissées, raison pour laquelle elle a donné son nom au district administratif du même nom. La rivière Lukunga prend sa source à l'ouest sur les collines de Ngomba Kikusa à 520 m d'altitude dans la commune de Ngaliema. Sa largeur moyenne ne dépasse pas 10 m et sa profondeur est de 2 m. Elle traverse les quartiers de Ngaliema, Cité Mama Mobutu et une partie de Mont-Ngafula. Elle est alimentée sur sa rive droite par l'Ikusu et par la Mbinza. La rivière Lukunga trace naturellement la limite ouest bâti de Kinshasa.

La rivière Lubudi prend sa source au pied versant de Djelo Mbinza à 450 m d'altitude. Elle reçoit les eaux de la rivière Makelele sur sa rive gauche. C'est ainsi qu'à partir de la commune de Bandalungwa, où se jettent les eaux de la Makelele à la Lubudi, la rivière Lubudi prend le nom de rivière Makelele. Sur sa rive droite, elle reçoit les eaux de la rivière Basoko au niveau de Kintambo. La rivière Basoko prend sa source à partir des collines de Bumbu, et traverse à son passage, les communes de Ngiri-Ngiri et Bandalungwa, avant de se jeter au fleuve au niveau de la baie de Ngaliema. La Basoko traverse une grande zone maraîchère et contribue énormément à cette pratique dans la zone appelée communément « la pépinière. » Le bassin Lubudi-Basoko comprend des grands collecteurs comme : Manieme, Komoriko, Inongo, etc.

La rivière Mampenza est une petite rivière, à la dimension d'un ruisseau. Son cours d'eau principal et ses bras viennent du versant de la Devinière et drainent le nord du quartier Ngaliema, traverse la

place commerciale de Kintambo appelée communément "Kintambo magasin" et le chantier naval Chanic avant de se jeter au fleuve au niveau de la baie de Ngaliema.

Les rivières Bumbu (11 km) et Funa (9 km) sont nées des collines du sud, plus précisément sur les hauteurs de Mont-Ngafula et de Mont-Amba. Elles coulent parallèlement à travers les communes de Bumbu, Mont-Ngafula, Selembao, Makala et se joignent plus loin dans la commune de Kalamu. C'est à partir de cette jonction que la rivière est appelée par les Kinois, rivière Kalamu (Mayi ya Kalamu), car, traversant la commune du même nom. À partir de Kalamu, la rivière devient large de 2 à 3 m et profond de 1 à 3 m. La rivière Kalamu conflue avec la rivière Yolo avant de se jeter au fleuve Congo. De la source à l'embouchure, La Bumbu et la Funa parcourent près de 20 km avant de jeter au fleuve à proximité de l'état-major des forces navales, traversant à leurs passages, les communes de Selembao, Bumbu, MontNgafula, Lemba, Makala, Kalamu, Limete et l'aéroport de Ndolo. La Funa a même donné son nom au district administratif de la Funa. La Funa est bétonnée en aval, sur les tronçons des avenues Sendwe et Victoire, dans la commune de Kalamu, et est particulièrement victime des jets de déchets de la part de la population. Ces déchets s'entassent en amont des ponts et réduisent les capacités d'écoulement et son débit.

La rivière Yolo prend sa source sur les versants du Mont-Amba dans la commune de Lemba et traverse trois communes : Lemba, Ngaba et Limete. Longue de 12 km et large de 3 à 5 m, la Yolo est profonde de 1 à 3 m et est 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 2000 était 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.

La rivière Gombe, comme la Bitshaku Tshaku, est considérée abusivement comme une rivière locale. Elle est par contre un collecteur d'eaux pluviales à ciel ouvert, qui se transforme en cours d'eau, dans son embouchure, avant de se jeter au fleuve Congo. Elle est l'unique rivière de la ville orientée est-ouest, contrairement à toutes les rivières de la ville, qui prennent la direction du sud vers le nord. Elle prend sa source sur l'avenue des Huileries, à proximité du camp de la police Lufungula dans la commune de Lingwala. C'est précisément là que commence ce collecteur, qui se transforme en rivière dans son embouchure, au fleuve. La Gombe traverse la commune de Gombe et celle de Lingwala, où se

trouve sa source. La Gombe est longue de 4 300 m, profonde de 2 m et large de 6 m.

Comme la Gombe, la rivière Bitshaku Tshaku est aussi un collecteur qui se transforme en rivière, dans son embouchure, avant de se jeter au fleuve Congo. Elle prend sa source aux croisements des avenues Croix-Rouge et Marché, et se jette dans le fleuve au niveau des installations du chantier naval Onatra à Ndolo, et après avoir traversé en souterrain la zone industrielle de la commune de la Gombe. Elle est longue de 3 km et collecte les eaux des communes de Barumbu, Kinshasa et Gombe.

Pollution des rivières de Kinshasa

La pollution est visible dans les rivières de Kinshasa (Figures 1 et 2) et a des conséquences sanitaires importantes pour une vaste population humaine et les écosystèmes aquatiques.



Figure 1. Pollution de la rivière Gombe à Kinshasa



Figure 2. Décharge débordant sur la rivière N'Djili, en face de la prise d'eau de la station d'épuration de Kinshasa

Sources des pollutions des rivières de Kinshasa

A Kinshasa, les effluents industriels non traités, les déchets domestiques (eaux usées et déchets solides), déchets hospitaliers et excréta sont généralement évacués dans les réseaux urbains et rivières réceptrices (Ilunga *et al.*, 2013; Kasuku *et al.*, 2016; Gizanga *et al.*, 2016; Mindele, 2016). En effet, les établissements industriels, notamment les industries chimiques, pétrochimiques, agroalimentaires et des usines diverses rencontrées à Kinshasa déversent directement dans les eaux des rivières des volumes importants d'effluents liquides contenant diverses substances. Parallèlement, dans certains quartiers riverains de la ville de Kinshasa, des ménages riverains qui n'ont pas de toilettes utilisent la rivière comme latrine, les camions vidangeurs déversent

tous les jours leurs boues de vidange dans les rivières ou le fleuve Congo. Plusieurs travaux ont démontré que les origines probables des polluants dans l'eau de la rivière de N'djili sont l'accroissement de l'érosion et le dépôt des sédiments dans cette rivière, l'évacuation des boues d'épuration par l'usine de traitement d'eau installée sur cette rivière (Lemba, 2013; Tshibanda *et al.*, 2010; Ndolo, 2015; Bipendu *et al.*, 2017). Par ailleurs, la présence quasi permanente des sites érosifs constitue parmi les caractéristiques des quartiers à forte pente à Kinshasa et sans aménagement préalable selon les normes d'urbanisation. La majorité de ces quartiers est menacée par les eaux de ruissellement qui, en parcourant les pentes raides, érodent les avenues. Il s'ensuit que le sable et les débris divers charriés soient jetés dans les cours d'eau, favorisant leur inondation avec d'énormes dégâts lors des fortes pluies particulièrement aux mois d'avril, de novembre ou de décembre. Les inondations sont fréquentes à cause de l'occupation incontrôlée des lits majeurs des rivières urbaines (Tshibanda *et al.*, 2010; Phanzu, 2016).

Conséquences de la pollution des eaux des rivières

Conséquences sur les écosystèmes aquatiques

Globalement, les conséquences de la pollution des milieux aquatiques sont multiples. À la suite des actions humaines, les milieux aquatiques sont modifiés et parfois dégradés. L'altération d'un des paramètres du milieu peut provoquer une perturbation générale de tout l'équilibre naturel. Un rejet polluant, même de faible quantité dans une rivière à faible débit, aura plus de conséquences que ce même rejet dans une rivière en période des eaux hautes (Musibono *et al.*, 2006; Gizanga *et al.*, 2016; Kusonika *et al.*, 2016). Un écosystème aquatique est dit pollué lorsque son équilibre a été modifié de façon durable par l'apport en quantités trop importantes soit de substances plus ou moins toxiques, d'origine naturelle ou issue d'activités humaines, soit encore d'eaux trop chaudes (Musibono, 2012).

Chaque polluant est différent et ne présente pas les mêmes risques pour les écosystèmes aquatiques et la biodiversité associée en effet certains sont biodégradables et d'autres non. Le caractère biodégradable d'une substance dépend de sa structure moléculaire. Les métaux (mercure, plomb ...) ne sont par exemple pas biodégradables et peuvent se concentrer dans les organismes vivants tout au long de la chaîne alimentaire pouvant atteindre des taux très élevés. Les pesticides éliminent tout ou partie des espèces animales ou végétales. Leur toxicité résiduelle, souvent mal connue, participe à la destruction des écosystèmes, à la perte de biodiversité et à la pollution des sols et

des ressources en eau. Naturellement, un écosystème a des capacités d'autoépuration par l'action directe de l'oxygène (aération) et par l'action d'organismes aérobies (oxydation) et anaérobies (réduction). L'écosystème est ainsi capable de transformer ou d'éliminer (en partie ou en totalité) les substances biodégradables qu'il reçoit (Musibono, 2012). Ce phénomène est rendu possible grâce à la filtration et à l'oxydation des substances en lien avec l'action des organismes comme les bactéries, les insectes ou encore les plantes qui se trouvent dans le milieu ou à proximité sur les berges par exemple.

Les zones humides présentent une richesse écologique et remplissent un rôle majeur du cycle de l'eau, en agissant comme des filtres naturels vis-à-vis des polluants. En outre, les zones humides sont des lieux d'enjeux multiples et jouent un rôle majeur dans la régulation du régime des eaux ou l'épuration des eaux. Dans les cas extrêmes, les dégradations de zones humides conduisent à des risques d'inondations ou de sécheresses accrues, à une épuration naturelle des eaux réduite et à une détérioration des milieux naturels (Convention de Ramsar sur les zones humides de 2016). A Kinshasa, les zones humides sont soumises à de nombreuses dégradations dont l'eutrophisation, due en partie à une mauvaise qualité des eaux superficielles, la qualité de l'eau pouvant se dégrader d'amont en aval du réseau hydrographique. Ces zones sont souvent menacées par l'extension du drainage, par l'évolution des pratiques culturelles, notamment le développement de l'irrigation et l'abandon de prairies naturelles, ainsi que par la gestion des niveaux d'eau pour satisfaire les besoins des cultures (Thieme *et al.*, 2008; Muyaya *et al.*, 2017).

Conséquences de la pollution de l'eau sur les humains

De la même manière que celle des écosystèmes aquatiques, les êtres humains sont exposés aux polluants physiques, chimiques et biologiques avec des incidences sur leur santé (Musibono *et al.*, 2006; Gizanga *et al.*, 2016; Kusunika *et al.*, 2016). Les eaux usées sont le siège du transport, de la croissance et du développement de plusieurs vecteurs de maladies et agents pathogènes. A cet effet, l'homme est exposé aux maladies hydriques notamment les douleurs abdominales, la diarrhée sanguinolente, le choléra, le vomissement, l'infection du foie qui se caractérise par un jaunissement de la peau et des yeux, l'hépatite A, l'ascaridiose, la typhoïde et la mort (Cunningham *et al.*, 2009). Le cycle de transmission des maladies liées à l'eau est cyclique : une personne malade peut contaminer un point d'eau, cette eau va être utilisée par d'autres personnes qui ignorent les normes d'hygiène pour préparer, se laver les mains, boire... En tombant malades, ces personnes vont dépenser de l'argent pour les soins et

risquent même de mourir. Ces nouveaux malades peuvent à leur tour contaminer des points d'eaux et le cycle recommence.

Quelques stratégies de lutte contre la pollution de l'eau des rivières de Kinshasa

Les stratégies de lutte contre la pollution de l'eau des rivières peuvent être préventives ou curatives. Bien que des mesures curatives puissent être prises pour réduire la pollution de l'eau, elles seraient moins efficaces en République Démocratique du Congo à cause des ressources financières encore très limitées. De ce fait, les mesures préventives peuvent paraître plus efficaces si bien que même l'habitude du lavage des mains peut également protéger des millions de personnes. En outre, les entreprises d'approvisionnement d'eau ont besoin d'améliorer continuellement leur système en fournissant aux populations de l'eau potable traitée. Une autre solution est d'améliorer la conscience des gens pour protéger de l'environnement en général et en particulier de l'eau propre. Le gouvernement doit également édicter des règles juridiques strictes pour protéger l'environnement. Le traitement des eaux usées est également une mesure préventive qui consiste à éliminer les polluants par un processus physique, chimique ou biologique. Plus ces processus sont efficaces, plus l'eau devient propre. Ceci peut se faire par une station d'épuration qui permet d'éliminer la majorité des polluants néfastes contenus par les eaux d'origine urbaine ou industrielle. Le retraitement des eaux usées à Kinshasa peut atteindre divers degrés d'épuration (Partow, 2011).

Avec l'agriculture verte (agriculture biologique), il est possible de limiter l'utilisation des intrants chimiques qui pénètrent dans l'eau et dans certains cas, les supprimés. L'azote dans le sol peut être lessivé par la pluie et se retrouver en quantité dans les rivières et les nappes phréatiques. Pour lutter contre ce lessivage, les agriculteurs peuvent utiliser des techniques d'intercultures. Au lieu de laisser les sols nus, ils peuvent semer des plantes appelés « pièges à nitrates » qui n'ont pas vocation à être récoltées : elles sont détruites lorsque l'agriculteur commence sa culture, elles sont laissées sur place et libèrent le nitrate progressivement pendant leur dégradation. En parallèle, une bonne gestion des eaux pluviales, à travers les aménagements de banquettes, permet de réduire le ruissellement et d'éviter que les polluants des rivières. (Baechler, 2012). En outre, il convient de réduire sensiblement la quantité de plastique produite et améliorer la gestion de ces déchets. Selon WWAP (2017), la gestion intégrée des ressources hydriques et les approches du lien qui prennent en considération les relations entre l'eau, l'énergie, l'alimentation, et le changement climatique forment un cadre de réflexion et des pistes pour encourager la collecte, le transfert, le traitement et l'utilisation améliorés des eaux usées dans la région arabe, du

point de vue de la sécurité de l'eau. Les sous-produits des eaux usées domestiques, tels que le sel, l'azote et le phosphore, ont une valeur économique potentielle qui peut être utilisée pour améliorer les moyens de subsistance dans la région Asie-Pacifique. Il faut en faire plus, dans toute la région, afin de soutenir les gouvernements locaux et municipaux dans la gestion des eaux usées urbaines et la récupération des bénéfices de la ressource.

3. CONCLUSION

La RDC est un pays où le problème de la pollution de l'eau est de plus en plus concerné. Depuis plusieurs décennies, le développement des secteurs économiques, des industries ainsi que le secteur des services se développent rapidement induisant plusieurs types de pollutions. Les conséquences de la pollution de l'eau s'aggravent jour par jour avec la capacité de se propager très élevée à cause d'un nombre alarmant de décharge d'eau non traitée dans le milieu naturel. Les principales causes conduisant à la pollution de l'eau dans les rivières sont : les eaux usées des industries, les déchets domestiques, les déchets médicaux et l'agriculture. Dès lors, les quantités d'eau usée déversées directement dans les rivières a un impact négatif direct sur les écosystèmes aquatiques et sur la vie des populations humaines. Cette recherche permet de disposer des bases techniques solides et inclusives pour élaborer des plans de gestion durable des écosystèmes aquatiques face à la pollution de l'eau. Des études sur les risques de bioaccumulation sont nécessaires.

Références

Abdu N., 2010. *Availability, transfer and balances of heavy metals in urban agriculture of West Africa*. Doctoral Thesis, University of Kassel, 158 p.

Aka E. L., 2002. *Caractérisation de l'Abieque et évaluation des effets potentiels sur les populations riveraines de Nkolbikok à Nkolbisson (Yaoundé)*. Mémoire de Master's of Science en gestion de l'eau. Dschang (Cameroun). Faculté d'Agronomie et Sciences Agricoles, Université de Dschang, 118 p.

Amlan K. G., Bhatt, M. A., & Agrawal, H. P., 2012. Effect of long-term application of treated sewage water on heavy metal accumulation in vegetables grown in Northern India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(2), 1025–1036.

Ayinde A. E., 2015. Economic Analysis of Heavy Metals Pollution on Soil, River and Rice Production in Nigeria. *Journal of Emerging Trends in Economics and Management Sciences (JETEMS)*, 6 (8), 363–366.

Baechler L., 2012. La bonne gestion de l'eau : Un enjeu majeur du développement durable. *L'Europe en Formation*, 365(3), 3–21. DOI : 10.3917/eufor.365.00033

Bempongo M., 2002. *Problématique de rejet des déchets solides dans la rivière Yolo à Kinshasa : cas du quartier Lemba/Foire*. Université de Kinshasa, 45 p.

Bidar G., Waterlot C., Sahmer K., Pelfrène A., Pourrut B. & Schwartz C. D. F., 2017. *Phytodisponibilité des ETM pour les plantes potagères et extrapolations dans la quantification de l'exposition des consommateurs*. Rapport ADEME, 204 p.

Bipendu M. N., Lukanda M. V., Musibono, E. A. D. & Pwema, K. V., 2017. Effets de rejets industriels de l'usine de traitement d'eau de Kinshasa (REGIDESO) sur la qualité physico-chimique et biologique des eaux des rivières Matete et N'djili, RD Congo. *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 29 (2), 96–109.

Bolia W., 2004. *Les Inondations de la rivière Yolo et son curage par la FOLECO*. Université de Kinshasa, 100 p.

Burnol, A., Duro, L. & Grive M., 2006. *Eléments traces métalliques - guide méthodologique : recommandations pour la modélisation des transferts des éléments traces métalliques dans les sols et les eaux souterraines*. Rapport d'étude INERIS, 138 p.

Calvet R., Barriuso E., Bedos C., Benoît P., Charnay M.P. & Coquet Y., 2005. *Les pesticides dans les sols. Conséquences agronomiques et environnementales*. Editions France Agricoles, Paris, France, 637 p.

Conrad S. R., Sanders C.J., Santos I.R. & White S.A., 2018, *Investigating water quality in Coffs coastal estuaries and the relationship to adjacent land use. Part 1: Sediments*, National Marine Science Centre, Southern Cross University, Coffs Harbour, NSW, 42 p.

Cunningham V.L., Binks S.P., Olson M.J., 2009. Human health risk assessment from the presence of human pharmaceuticals in the aquatic environment. *Regul. Toxicol. Pharmacol.*, 53, 39-45.

Faisal B. M. R., Majumder R. K., Uddin M. J. & Halim, M. A., 2014. Studies on heavy metals in industrial effluent, river and groundwater of Savar industrial area, Bangladesh by Principal Component Analysis. *International Journal of Geomatics and Geosciences*, 5 (1), 182–191.

Gizanga V. R., Musibono E. A. D., Aleke A. L. & 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). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 21 (2), 360–366.

Kasuku W., Bouland C., De Brouwer CH., Mareschal B., Mulaji C., Malumba M., Monama O., Epumba B. & Kitambala, A., 2016. Etude de l'impact sanitaire et environnemental des déchets hospitaliers dans 4 établissements hospitaliers de Kinshasa en RDC. *Déchets, Sciences et Techniques*, 71, 25–33.

Kayobola K. T., 2020. *Approvisionnement en eau potable en milieu rural en République Démocratique du Congo face à l'Objectif 6 de Développement Durable, Exemple de la province du Maniema*. Ingénierie de l'environnement. Thèse de doctorat, Selinus University of Science and Literature, 161 p.

Lelo Nzuzi F., 2008. *Kinshasa : Ville et Environnement*. Le Harmattan, Paris, 284 p.

- Lemba S. D., 2013. *Assessment of land use dynamics of the N'djili catchment in DR Congo: Implication for catchment planning*. Master Thesis, University of Zimbabwe, 81p.
- Lokakao T. I. & Shamba E. N., 2015. *Monographie de l'eau de la ville de Kinshasa. Water-Megacities and Global Change*, 16 p.
- Luboya J-D., 2002. *Etude systématique du bassin versant de la rivière N'djili à Kinshasa*. Mémoire de Diplôme d'Etudes Supérieures, Ecole Régionale Post-Universitaire d'Amenagement et de gestion Intégrés des Forêts et Territoires Tropicaux (ERAIFT), 219 p.
- Mbokolo I., 2004. *La Dynamique de la limnimétrie du fleuve Congo à Kinshasa et ses impacts environnementaux*. Université de Kinshasa, 51 p.
- Mindele L.U., 2016. *Caractérisation et tests de traitement des déchets ménagers et boues de vidange par voie anaérobie et compostage pour la ville de Kinshasa*. Thèse de Doctorat, Université de Liège, 313 p.
- Mirauda D. & Ostoich M., 2018. Assessment of Pressure Sources and Water Body Resilience: An Integrated Approach for Action Planning in a Polluted River Basin. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 15, 2, 390 p.
- Musibono D.E., 2012. *Politiques toxiques et pollution de l'environnement mondial – un suicide collectif*. Ed. ERES, Blaise-Etana, Kinshasa, 265 p.
- Musibono D.E., Ndelo D.P., Biey M., Itelin B., Mputu M., Mayi F., Koshi N., Nsimanda I., Monsembula I. & Diasambu M., 2006. Toxicité des eaux usées industrielles de Kinshasa, possibilité de recyclage et impact sur la santé des écosystèmes. *Revue de santé publique*, 1(1), 48-53.
- Muyaya K. B., Konunga M. G., Muamba M. P., Mutambwe S., Lumbuenamo S. R. & Rudant J. P., 2017. Evaluation par télédétection, de l'impact spatial des activités agricoles et de pêche dans les zones humides situées autour du pool malebo dans la ville de Kinshasa en République Démocratique du Congo. *American Journal of Innovative Research and Applied Sciences*, 4 (3), 85–95.
- Nazih I., Fekhaoui M., Blidi, S. EL., Abidi, A. EL., & Serghini, A., 2009. Approche méthodologique de la mise en évidence des éléments traces métalliques biodisponibles dans les rizières de la plaine du Gharb. *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Vie*, 31 (2), 115–121.
- Ndolo P. G., 2015. *Gis-Based Soil Erosion Modeling and Sediment Yield of the N'Djili River Basin, Democratic Republic of Congo*. Master Thesis, Colorado State University, 220 p.
- Nsimanda I. C., Musibono E. D., Basosila L. N. & Wanga, B. M. B., 2015. Etude préliminaire de la contamination au Cadmium et au Plomb de *Distichodus fasciolatus*, *Mormyrops anguilloides* et *Schilbe mistus* au Pool Malebo (Fleuve Congo- Kinshasa/RD Congo) à Kinsuka. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 10(1), 176–183 p.
- OMS, 2017. *Directives de Qualité pour l'Eau de Boisson*. Genève, 564 p.
- Pain M., 1978. *Kinshasa: la ville et la cité*. Editions de l'ORSTOM/Etudes Urbaines, 269 p.
- Partow H., 2011. *Problématique de l'Eau en République Démocratique du Congo : Défis et Opportunités*. PNUF, Rapport Technique, 98 p.
- Patel K. S., Sahu B. L., Ramteke S. & Bontempi E., 2016. Contamination of Paddy Soil and Rice with Arsenic. *Journal of Environmental Protection*, 7, 689–698.
- Phanzu G., 2016. *Cadastrés Fonciers et Prévention des Catastrophes Naturelles A Kinshasa*. In: *Les Erosions en République Démocratique du Congo, Les Catastrophes Naturelles et Artificielles en R.D. Congo (8418)*. FIG Working Week 2016, Christchurch (New Zealand), 25 p.
- Sharma P. J., Patel P.L. & Jothiprakash V., 2019. Impact of rainfall variability and anthropogenic activities on streamflow changes and water stress conditions across Tapi Basin in India. *The Science of the total environment*, 687, 885–897.
- Thieme M., Shapiro A., Colom A., Schliewen U., Sindorf N. & Toham A.K., 2008. *Inventaire Rapide des Zones Humides Représentatives en République Démocratique du Congo*. Institut Congolais pour la Conservation de la Nature, 60 p.
- Tshibanda J.B., Devarajan N., Birane N., Mwanamoki P. M., Atibu E. K., Mpiana P. T., Prabakar K., Ilunga J. M., Wildi W. & Poté J., 2010. Microbiological and physicochemical characterization of water and sediment of an urban river: N'Djili River, Kinshasa, Democratic Republic of the Congo. *Sustainability of Water Quality and Ecology*, 3, 47–54.
- WWAP (Programme mondial pour l'évaluation des ressources en eau). 2017. *Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2017. Les eaux usées – Une ressource inexploitée*. Paris, UNESCO., 184 p.
- Zhang, H., Cui, B., Xiao, R. & Zhao H., 2010. Heavy metals in water, soils and plants in riparian wetlands in the Pearl River Estuary, South China. *Procedia Environmental Sciences*, 2 (5), 1344–1354