

Les Eaux Stagnantes Constituent Une des Occasions d'Exposition au Plomb et aux Coliformes à Kinshasa, République Démocratique du Congo

Kalum Muray, PhD

Université Laurentienne, Sudbury, Ontario, Canada

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n6p56](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n6p56)

Submitted: 25 July 2023

Accepted: 13 February 2024

Published: 29 February 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Muray K. (2024). *Les Eaux Stagnantes Constituent Une des Occasions d'Exposition au Plomb et aux Coliformes à Kinshasa, République Démocratique du Congo*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (6), 56. <https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n6p56>

Résumé

Les eaux stagnantes envahissent tous les quartiers de la ville de Kinshasa, même dans les communes situées aux endroits surélevés, comme Mont Ngafula. Ces eaux découlent des usées eaux, des immondices, des pluies et des inondations. Il n'est pas rare de voir des matières fécales en suspension dans ces eaux stagnantes, en raison du débordement des puits d'évacuation des fosses septiques. Étant donné que peu d'études portent sur les effets des eaux usées et encore moins sur les eaux stagnantes dans la ville de Kinshasa, justifie l'intérêt de cette étude. Celle-ci avait donc comme objectif d'examiner les éléments physico-chimique et biologiques (microbiologiques) contenus dans les eaux usées stagnantes de Kinshasa, susceptibles d'être nuisibles à la santé humaine. De ce fait, pour caractériser les paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux stagnantes, l'étude a utilisé des bandelettes réactives à l'instar des tests immuno-enzymatiques. Durant la saison pluvieuse, les échantillons étaient cueillis dans certaines communes, aux endroits où les eaux stagnantes étaient permanentes, qu'il pleuve ou non. Aux sites codés A, les prélèvements étaient effectués, à au moins trois jours sans précipitation, tandis que ceux codés B, les prélèvements étaient cueillis dans l'intervalle de 2 à 6 heures après la pluie. Dans les deux cas, les prélèvements étaient effectués à 12 sites différents. À ces 24 sites de prélèvement, avant et après la pluie, les tests indiquent les résultats positifs au plomb et aux coliformes. Comparés aux normes de l'Agence de Protection de l'Environnement des États-Unis (US EPA), les résultats de cette étude dépassant les niveaux présumés sécuritaires.

De ce fait, la proximité et/ou la présence de ces eaux stagnants dans les quartiers résidentiels, offre une occasion inéluctable d'exposition à ces substances. Par ailleurs, les enfants constituent une des couches des populations qui courent le plus haut risque. Discutant des effets délétères sur la santé reliés à ces substances, cet article recommande la gestion plus responsable des eaux usées ainsi que le principe de précaution. Donc, la gestion des eaux stagnantes devrait figurer parmi les outils de surveillance de la santé publique. Elle permettrait ainsi, en amont, de détecter et d'alerter les responsables de la santé publique de menaces à la santé et instituer des mesures susceptibles de protéger la communauté.

Mots-clés: Contamination, Eaux usées, Polluants chimiques et microbiologiques, Assainissement, Coliformes, E. Coli

Stagnant Water Constitutes One of the Opportunities for Exposure to Lead and Coliforms in Kinshasa, Democratic Republic of Congo

Kalum Muray, PhD

Université Laurentienne, Sudbury, Ontario, Canada

Abstract

Stagnant water invades all districts of the city of Kinshasa, even in communes located in elevated areas, such as Mont Ngafula. These waters come from wastewater, rubbish, rain, and floods. It is not uncommon to see fecal matter suspended in these stagnant waters, due to the overflowing of septic tank evacuation wells. Given that few studies focus on the effects of wastewater, and even fewer on stagnant water in the city of Kinshasa, it justifies the interest of this study. This paper focuses on examining the physicochemical and biological (microbiological) elements contained in stagnant wastewater in Kinshasa, which are likely to be harmful to human health. Therefore, to characterize the physicochemical and bacteriological parameters of stagnant water, the study used reactive strips like enzyme immunoassays. During the rainy season, samples were collected in certain municipalities, especially places where stagnant water was permanent, whether it rained or not. At sites labeled A, samples were taken at least three consecutive days without precipitation, while at those labeled B, samples were collected between 2 and 6 hours after rain. In both cases, samples were taken at 12 different sites. At these 24 sampling sites, before and after the rain, the tests indicated positive results for lead and coliforms. Compared to the

standards set by the United States Environmental Protection Agency (US EPA), the results of this study exceed the presumed safe levels. As a result, the proximity and/or presence of these stagnant waters in residential areas offer an inevitable opportunity for exposure to these substances. Furthermore, children constitute one of the population groups who are at highest risk. In addressing the deleterious health effects associated with these harmful substances, this paper advocates for a more responsible management of wastewater, along with the application of the precautionary principle. Consequently, the supervision of stagnant water should be included among the tools for public health surveillance. This measure would enable early detection and notification of health threats to public health officials, facilitating the implementation of measures to safeguard the community.

Keywords: Contamination, Wastewater, Chemical and microbiological pollutants, Sanitation, Coliforms, E. Coli

1. Contexte de l'étude

La ville de Kinshasa se développe de manière anarchique et dans la méconnaissance des normes urbanistiques. Les eaux usées y sont constituées des matières organiques dégradables, des substances toxiques, des micro-organismes pathogènes et des matières minérales, en suspension ou sous la forme dissoute. Ces eaux ne subissent aucun traitement d'assainissement avant d'être larguées dans les eaux de surface (ruisseaux, rivières et fleuve). En raison de la mauvaise gestion des égouts, les périodes consécutives aux pluies abondantes sont souvent très effroyables. En effet, elles sont suivies souvent des inondations causant de morts et d'énormes dégâts matériels (Katombe, 2019). Par ailleurs, la ville connaît une urbanisation et une croissance démographique immenses, qui exigent une très grande utilisation de l'eau pour divers services. Cela conduit à une augmentation des eaux usées.

Les eaux stagnantes envahissent tous les quartiers, particulièrement ceux qui sont situés aux endroits non surélevés en altitude dans la ville de Kinshasa. Dans bien des cas, elles charrient les immondices partout. Se décomposant, la putréfaction de ces ordures parsemées ici et là, dégage des odeurs nauséabondes parfois insupportables, à certains endroits de la ville. Pire, il existe des emplacements où ces odeurs nauséabondes sont permanentes. Au marché central de Kinshasa comme dans de petits marchés des quartiers, communément appelés « *Wenze* », les marchands vendent leurs produits, aliments y compris, dans des conditions insalubres et, à même le sol (Odia, 2017).

De manière générale, il y a absence de système d'évacuation des eaux usées et là où ces infrastructures existent, elles sont inefficaces pour écouler adéquatement les eaux usées domestiques, artisanales et pluviales. Ce qui

entraîne stagnation de celles-ci, avec comme conséquence, beaucoup de nuisances aux résidents.

Par ailleurs, les toilettes des habitants de la ville Kinshasa ne sont pas généralement connectées aux égouts municipaux. Leur maintenance est très déficiente, principalement en raison de manque ou de l'irrégularité de l'approvisionnement en eau. Il n'est pas rare de voir des matières fécales soient en suspension dans des eaux stagnantes, en raison du débordement des puits d'évacuation.

2. Problématique dans le contexte large

Comme ailleurs, à Kinshasa, les eaux sont constituées des effluents industriels, commerciaux, institutionnels, résidentiels ainsi que des eaux des pluies (Pham, 2015). Les contaminants municipaux incluant les affluents résidentiels, sont souvent de sources diffuses et éparses. Ils sont ainsi difficiles à caractériser (Thornton et al., 2001) et particulièrement dans la capitale congolaise où la gestion des eaux usées est quasiment inopérante.

Les eaux usées peuvent renfermer des polluants physiques, chimiques et biologiques. Chimiquement, les eaux usées peuvent contenir d'une part, des composés organiques tels, des hydrates de carbone, des protéines, des lipides, des pesticides, des phénols, etc. Certains de ces composés sont également inorganiques, tels du phosphore, de soufre, des chlorures, de l'azote, des matières acido-basiques, des matières alcalines et nombreux de ces éléments peuvent être toxiques. Par ailleurs, bien qu'ils soient souvent en trace, les substances métalliques, métaux lourds y compris, constituent des problèmes environnementaux très préoccupants, même s'ils ne font pas objet de cette étude (Perraud, 2016).

Sur le plan microbiologique, les eaux usées peuvent contenir divers micro-organismes, dont les plus préoccupants constituent les champignons, les protozoaires, les algues et les bactéries (UNESCO, 2021). La présence des bactéries coliformes (y compris la bactérie, *Escherichia coli* ou *E. coli*) dans l'eau est une indication de contamination fécale récente. Cela suppose également la présence éventuelle d'autres agents pathogènes fécaux (par exemple des parasites et des virus) susceptibles de constituer un risque pour la santé (UNESCO, 2017).

3. Objet de l'étude

Cette étude avait pour objet d'examiner la composition des eaux usées stagnantes et son impact sur la santé de la population, dans la ville de Kinshasa.

Étant donné l'immensité de la ville, les échantillons ne n'ont pas été prélevés dans toutes les communes. Les paramètres physicochimiques et bactériologiques ont été étudiés dans les communes où les eaux sont quasi

permanemment stagnantes. De ce fait, *in situ*, l'évaluation avait porté sur la mesure de principaux paramètres physico-chimiques et bactériologiques notamment, tels, les coliformes totaux et *Escherichia coli* (E. Coli).

3.1 Substances évaluées

Le plomb et les coliformes qui font objet de cet article, sont parmi les substances sur lesquelles porte notre étude a porté durant la saison pluvieuse de 2023. En effet, cette recherche a évalué, tant les paramètres physico-chimiques (le Manganèse, le Mercure, l'alcalinité et l'acidité et le Plomb) que biologiques (les Coliformes totaux et *Escherichia coli*) des eaux stagnantes dans la ville de Kinshasa, comme le précise dans le rapport intitulé « Esquisse d'évaluation des effets des eaux stagnantes sur la santé à Kinshasa », (Muray, K. sous presse).

3.2 Préoccupation du Plomb au sein de l'environnement

Le plomb est un métal exploité depuis des siècles. Il existe diverses sources d'exposition au plomb, en raison de son utilisation très répandue (OMS, 2022¹) et de son omniprésence dans les sphères environnementales : l'air (poussière), le sol et l'eau potable (Gouvernement du Canada, 2023¹).

Dans l'eau, le plomb provient principalement de tuyaux, qui selon les endroits, se corrodent et se désagrègent et laissent passer le plomb dans l'eau. La dispersion du plomb dans l'environnement général, est beaucoup plus attribuable aux activités anthropiques ainsi qu'aux modes vie, tels divers procédés industriels, la combustion de produits combustibles fossiles, notamment et pour ne citer que ceux-là, la combustion des déchets solides (Garnier, 2005). Le comble est que le plomb peut changer de forme, mais il ne se détruit pas. De ce fait, sa rémanence dans l'environnement constitue un phénomène préoccupant. En effet, il s'accumule dans le corps des organismes aquatiques et ceux du sol. Cela est souvent à la base du saturnisme (Garnier, 2005; OMS, 2022²).

Dans tous les cas, les effets néfastes du plomb pour la santé augmentent avec l'exposition à cette substance (OMS, 2022²). Et par désenchantement, il ne semble pas exister une plombémie (concentration de plomb dans le sang) exempte de danger. Les effets délétères plus fréquemment reportés sont : les atteintes hématologiques (anémie), cardiovasculaires (hypertension), néphrologiques (insuffisances rénales), immunitaires (OMS, 2022²) et sur l'appareil reproducteur : atteintes à la fertilité chez l'homme et la femme (Musu & Vogel, 2018). Les effets neurocomportementaux sont également rapportés suite à l'exposition chronique au plomb (OMS, 2022²).

3.3 Préoccupation des Coliformes totaux et E. Coli au sein de l'environnement

Selon l'UNESCO (2021), environ 80 % des eaux usées (industrielles, municipales ou domestiques, etc.), sont déversées dans l'environnement sans avoir été traitées au préalable. Cela constitue, bien entendu, une source de prolifération des microorganismes pathogènes (parasites, bactéries et virus) susceptibles de nuire à la santé (UNESCO, 2021; Boukhari, 2019). La présence d'E. Coli dans l'eau, augure l'éventualité d'existence d'autres agents pathogènes, tels les norovirus, liés à la gastro-entérite, le protozoaire *Giardia lamblia*, et la bactérie *Shigella*, entraînant souvent des diarrhées, des maux de ventre, de la fièvre ou des vomissements (Gouvernement du Canada, 2023²). Ainsi, la bactérie E. Coli représente 80 à 90 % des coliformes thermo-tolérants (Edberg et al., 2000).

4. Matériels et méthodes

4.1 Prélèvements des échantillons

Pour caractériser les éléments qui existent dans les eaux stagnantes à Kinshasa, sur le plan physico-chimique et bactériologique, nous avons effectué des campagnes de prélèvement des échantillons, de Janvier à février 2023, (deux fois, donc) sur 12 sites dans la ville de Kinshasa.

Méthodologiquement, l'étude s'est basée sur le principe d'un échantillonnage ciblé qui consiste à cueillir des échantillons aux endroits présumés contenir des eaux stagnantes. L'examineur avait, au préalable une idée précise sur endroits où les eaux stagnaient même sans précipitation. Ainsi, les échantillons ont été prélevés aux emplacements d'avance ciblés, selon le protocole du Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2008). Dans la présente étude, des excursions de repérage des sites étaient nécessaires dans quelques communes de la ville de Kinshasa.

4.2 Sites des prélèvements

Les sites d'échantillonnage étaient au préalable ciblés. En effet, les endroits à échantillonner étaient au préalable inventoriés de telle sorte qu'on pouvait s'en assurer que l'eau y stagne, avant, pendant et après la pluie.

4.2.1 Pour les échantillons A

- AE1, représente l'échantillon prélevé dans l'eau stagnante d'environ 20 cm, sur l'avenue Kivu, numéro 50, Quartier Salongo (direction Bangala 2), dans la commune de Kintambo.
- AE2, pour l'échantillon prélevé dans l'eau stagnante d'environ 10 cm, sur l'avenue Lusambo, Quartier Wenge numéro 36, dans la commune de Kintambo.

- AE3, prélèvement effectué sur l'eau stagnante d'environ 5 cm, à l'avenue Maduda, Quartier Makelele, direction Prince de Kisangani, dans la commune de Bandalungwa.
- AE4, dans l'eau stagnante d'environ 12 cm, sur la rue Tsiemi, Quartier Lumumba, dans la commune de Bandalungwa.
- AE5, échantillon prélevé dans l'eau stagnante de 20 cm, sur l'avenue Msiri, numéro 225, Quartier Lumumba, Commune de Bandalungwa,
- AE6, représente l'échantillon prélevé dans avenue Foie, numéro 47, Quartier commercial, un caniveau dont l'eau stagnante était d'environ 5 cm, dans la Commune de Lemba.
- AE7, prélevé sur l'avenue Sefuli, Quartier, Masano dans l'eau stagnante d'un caniveau d'environ 1 mètre, dans la Commune de Lemba
- AE8, constitue l'échantillon prélevé dans l'eau stagnante d'environ 5 cm, sur l'avenue Popokabaka II, numéro 10, Quartier Matonge, Commune de Kalamu.
- AE9, échantillon tiré dans un caniveau d'eau d'environ 25 cm de profondeur, sur l'avenue Luozi, numéro 15, Quartier Lodja, Commune de Kasavubu.
- AE10, sur l'avenue Songololo, numéro 113, Quartier Pende, direction Plateau, échantillon tiré dans un caniveau dont l'eau était d'environ 20 cm de profondeur.
- AE11, tiré de l'eau stagnante d'environ 8 cm de profondeur, sur l'avenue Maluku, numéro 10, Quartier Funa, Commune de Barumbu.
- AE12, échantillon prélevé dans l'eau stagnante d'environ 5 cm de profondeur, sur l'avenue Selembao, Quartier Lubudi, Commune de Selembao.

4.2.2 Pour les échantillons B

Les prélèvements étaient effectués une semaine après, sur les mêmes sites que pour les échantillons A. La profondeur de l'eau n'avait pas beaucoup fluctué, probablement en raison du sol sablonneux permettant l'infiltration d'eau et de la chaleur chaude (variant entre 25 et 30 degrés) permettant une rapide évaporation.

- BE1, représente l'échantillon prélevé dans l'eau stagnante d'environ 20 cm, sur l'avenue Kivu, numéro 50, Quartier Salongo (direction Bangala 2), dans la commune de Kintambo.
- BE2, pour l'échantillon prélevé dans l'eau stagnante d'environ 10 cm, sur l'avenue Lusambo, Quartier Wenge numéro 36, dans la commune de Kintambo.

- BAE3, prélèvement effectué sur l'eau stagnante d'environ 5 cm, à l'avenue Maduda, Quartier Makelele, direction Prince de Kisangani, dans la commune de Bandalungwa.
- BE4, dans l'eau stagnante d'environ 12 cm, sur la rue Tsiemi, Quartier Lumumba, dans la commune de Bandalungwa.
- BE5, échantillon prélevé dans l'eau stagnante de 20 cm, sur l'avenue Msiri, numéro 225, Quartier Lumumba, Commune de Bandalungwa,
- BE6, représente l'échantillon prélevé dans avenue Foie, numéro 47, Quartier commercial, un caniveau dont l'eau stagnante était d'environ 5 cm, dans la Commune de Lemba.
- BE7, prélevé sur l'avenue Sefuli, Quartier, Masano dans l'eau stagnante d'un caniveau d'environ 1 mètre, dans la Commune de Lemba
- BE8, constitue l'échantillon prélevé dans l'eau stagnante d'environ 5 cm, sur l'avenue Popokabaka II, numéro 10, Quartier Matonge, Commune de Kalamu.
- BE9, échantillon tiré dans un caniveau d'eau d'environ 25 cm de profondeur, sur l'avenue Luozi, numéro 15, Quartier Lodja, Commune de Kasavubu- était de
- BE10, sur l'avenue Songololo, numéro 113, Quartier Pende, direction Plateau, échantillon tiré dans un caniveau dont l'eau était d'environ 20 cm de profondeur.
- BE11, tiré de l'eau stagnante d'environ 8 cm de profondeur, sur l'avenue Maluku, numéro 10, Quartier Funa, Commune de Barumbu.
- BE12, échantillon prélevé dans l'eau stagnante d'environ 5 cm de profondeur, sur l'avenue Selembao, Quartier Lubudi, Commune de Selembao.

4.2 Évaluation des essais

4.2.1 Principe des tests utilisés

Le Kit de « *Health metric* » des États-Unis, a été utilisé pour caractériser les paramètres physicochimiques et bactériologiques des eaux stagnantes. Ce dernier est constitué par des bandelettes réactives, ayant le potentiel agglutiner les antigènes. Basés sur les normes de US-EPA, ces tests sont conçus pour évaluer la qualité de l'eau. Les bandelettes sont introduites dans l'échantillon à examiner et les résultats obtenus indiquent la présence ou l'absence du composé ciblé. À l'instar des épreuves immuno-enzymatiques, ces tests entraînent la liaison d'un anticorps spécifique au type de substance recherché (antigène). Au moyen d'un révélateur, la réaction aboutit à la formation d'une liaison (complexe) anticorps-antigène (Harper, Powell, & Pijl, 2017).

Le contrôle de qualité a été effectué pour déterminer la conformité des résultats. Dans cette situation, le Kit d'*AquaVial* du Canada, a été utilisé comme test pour établir la concordance avec les résultats des sites pairs. Le Kit *BOSIKE* a servi pour établir la concordance des résultats aux sites impairs.

4.2.2 Analyse des bactéries

Les coliformes sont des bactéries Gram négatives qui, à une température variant entre 35-37°C, fermentent le lactose dans 48 heures en produisant du gaz. Parmi eux, les coliformes thermo-tolérants (dits fécaux) fermentent le lactose à la température de 44°C. Dans cette catégorie, *E. Coli* est parmi ces coliformes totaux florissant dans la température de 36 °C (CEAEQ, 2015).

Procédure avec le Kit *Health metric*

1. Laver soigneusement les mains avec de l'eau et du savon.
2. Sans toucher l'intérieur du bouchon, retirer-le et remplir soigneusement le flacon.
NB. Ne pas trop remplir ou renverser le contenu, avant de remettre et de revisser le bouchon.
3. Secouer vigoureusement le flacon pendant quelques secondes pour dissoudre le milieu.
4. Placer le flacon bouché dans une pièce entre 20 à 32°C pendant 48 heures.
Laisser la bouteille intacte et à l'abri de la lumière directe du soleil.

Confirmation des coliformes

Verser une partie d'eau dans le pot, secouer pendant 20 secondes, puis de laisser à température ambiante pendant 48 heures. S'il y a des bactéries dans l'eau, elles digèrent les nutriments du le pot, et dès lors l'eau prend une couleur jaune vif, comme l'indique à la Figure 4.2.2.



Figure 4.2.2

Dans le but de s'assurer de la justesse des résultats, un processus de contrôle qualité, le kit « *Aqua Vial* », est utilisé pour corroborer les résultats

du Kit « *Health metric* » des bactéries et les coliformes, notamment E. Coli. L'échantillon ayant été versé dans les tubes à essai, on observe après quelques minutes le changement de couleur correspondant au degré de contamination de l'eau en coliformes.

Procédure de confirmation de la présence des bactéries avec le Kit AquaVial

Remplir le flacon AquaVial TM E. Coli avec l'eau de l'échantillon. Ne pas dépasser le niveau de la ligne de remplissage (5mL). Fermer le flacon en tournant le bouchon dans le sens des aiguilles d'une montre.

NB. On ne doit plus par la suite laisser le flacon ouvert.

Secouer : Agiter bien le flacon pour dissoudre le milieu sec déposé sur les parois du flacon.

Incuber : Laisser le flacon AquaVial T E. Coli incubé dans une position verticale pendant 24 heures à 35 - 40°C ou pendant 48 heures, à la température variant entre 20 et 25°C. Dès lors, vérifier le changement de couleur du réactif dans le flacon d'essai avec le diagramme des couleurs. La couleur jaune indique 0 à moins d'une unité formant colonie par mL (0 ou < CFU). La couleur tend à devenir mauve, lorsque l'échantillon contient une ou plus d'unités formant colonie (1 > CFU/mL). Autrement dit, si l'eau devient jaune, elle est sûre; si l'eau devient violette, des bactéries E. Coli.

4.2.3 Analyse du plomb au moyen de test « Health metric »

Procédure

A. Ouvrir le contenu du sachet en aluminium.

Le kit de test contient :

- 1) Une bandelette de test de plomb.
- 2) Un flacon d'échantillon.
- 3) Une pipette compte-goutte, ainsi qu'un déshydratant (à jeter)

B. À l'aide de la petite pipette (fournie), ajouter de l'eau dans le flacon. La pipette doit être pleine (une seule fois). **NB** : Plus d'eau altère le résultat du test. Donc, n'ajouter qu'une seule pipette d'eau dans le flacon. Pour prélever un échantillon, presser fermement la poire à l'extrémité du compte-gouttes et placer l'échantillon, puis presser de nouveau pour expulser l'échantillon dans le flacon.

C. Placer la bandelette de test dans le flacon de test, avec les flèches pointant vers le bas.

D. Attendre 10 minutes. Ne pas déranger la bande ou le flacon pendant ce temps. Des lignes bleues se formeront sur la bande.

E. Retirer la bandelette du flacon et lire les résultats.

Lecture des résultats du plomb

Le résultat est considéré négatif lorsque le test indique moins de 15 ppb : La ligne GAUCHE, à côté du numéro 1, est plus foncée que la ligne DROITE, à côté du numéro 2. Par ailleurs, si on ne voyant qu'une seule ligne, c'est que le résultat est négatif, comme l'indique la Figure 4.4.2.

Le résultat positif (supérieur à 15 ppb) ou encore si les lignes GAUCHE et DROITE sont également sombres, le résultat est positif. Les lignes peuvent être plus claires que celles indiquées sur le schéma, selon le fabricant du test.

Pour ces essais, le test de plomb est calibré selon les normes de l'EPA. Cependant, la concentration du plomb dans l'eau selon la norme du fabricant est de 15 parties par milliard (ppb), tandis que les lignes directrices au Canada pour le plomb dans l'eau potable est aussi peu que 5 ppb (maximum acceptable).

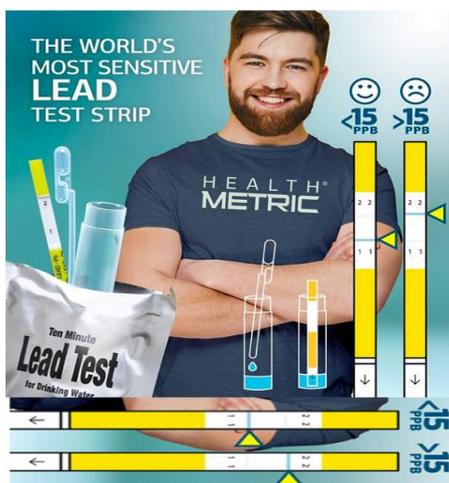


Figure 4.4.2

Correspondance concentration de plomb en rapport avec les unités de Health Metric et celles US EPA					Unités
Indice de Health Metric	0	1	$\geq 1,5^*$	2^*	Indice
Concentration équivalente EPA	0	10	$\geq 15^*$	20^*	$\mu\text{g/L}$ [partie par milliard (ppb)]

5. Résultats des essais

Les résultats des analyses chimiques et microbiologiques des échantillons examinés sont présentés aux Tableaux 1 et 2 (en annexe).

En ce qui concerne les paramètres physico-chimiques, les résultats indiquent que le niveau du plomb de tous les échantillons, était plus élevé que les normes recommandées par USEPA (tant pour les essais des sites A que ceux de B). En ce qui concerne les coliformes, la concentration dépassait les

normes dans tous les sites, à l'exception de AE1, AE3 BE1 et BE2 de Kimbanbo, AE6, AE7, BE6 et BE7 de Lemba et BE3 de Bandal.

6. Discussion

Étant donné que les eaux stagnantes sont quasi permanentes dans les quartiers résidentiels de nombreuses communes de la ville de Kinshasa, leur proximité des lieux d'habitation constitue donc, une possibilité d'exposition de la population aux substances contenues dans ces eaux.

Tel que l'indiquent les tableaux 1 et 2, les niveaux des coliformes et E. Coli dans les eaux stagnantes analysées, dépassaient les normes de références sur 67 % des sites (16/24). Les seules exceptions étaient sur les sites AE1, AE2, BE1 et BE2 (à Kintambo), ainsi qu'aux sites AE6, AE7, BE6 et BE7 (à Lemba). De ce fait, les microorganismes pathogènes seraient à redouter dans tous les autres sites échantillonnés, tels qu'à Bandalungwa, Kalamu, Kasavubu, Kinshasa, Barumbu et à Selembao.

Même si la bactérie *Escherichia Coli*, (*E. Coli*) n'est pas systématiquement recherchée pour l'associer aux maladies affectant fréquemment la population, les symptômes de celles-ci font cependant partie du lot des plaintes faisant objet des consultations médicales à Kinshasa. L'*Escherichia Coli*, principalement sa souche, O157:H7, est très souvent associé aux crampes abdominales aiguës, aux diarrhées (parfois sanglantes) et aux vomissements (Gouvernement du Canada, 2021). Pour ce qui est de la ville Kinshasa, dans nombreux quartiers, très souvent les eaux des lieux d'aisance (cabinets et fosses septiques) se mélangent souvent aux eaux pluviales et aux eaux usées ménagères domestiques (celles de cuisine et salle de bain), avant de se conduire dans les ruisseaux et rivières environnant, et ceci, sans traitement. Donc, les eaux usées ne sont pas récupérées, mais simplement larguées dans la rue ou dans la nature. Cela augmente la possibilité d'exposition aux microorganismes pathogènes et de rendre la santé plus précaire (Boaz et al., 2018).

Par ailleurs, les municipalités de Kinshasa ne mettent jamais à la disposition des ménages les services de ramassage des déchets. Ainsi, une grande partie de déchets est jetée dans la rue ou dans des caniveaux d'évacuation des eaux urbaines, avec comme conséquences l'obstruction de ces infrastructures, dont l'aggravation est souvent la source des inondations et la multiplication des poches d'eaux stagnantes (Boaz et al., 2018).

Il a été souvent rapporté Nouveau-Brunswick (Canada) que les matières fécales humaines ou les déjections animales récentes, constituent la principale source de contamination aux pathogènes de l'eau potable. En effet, durant et après des précipitations, des bactéries et d'autres micro-organismes dangereux pouvaient pénétrer dans les eaux de surface, ruisseaux, rivières,

voire même les nappes phréatiques. Ceci constitue, un facteur accentuant les risques de contamination (Gouvernement du Nouveau-Brunswick, 2023).

Au Canada, il a aussi déjà été signalé que l'eau stagnante provenant des crues printanières constituait un risque de propagation des virus, bactéries et des produits chimiques (Ebacher, 2019; Gouvernement de Manitoba, 2013).

Ce phénomène devrait susciter une attention particulière, car selon les estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé de 2012, l'insalubrité de l'environnement a été associée au décès de 12,6 millions de personnes sur la planète (OMS, 2012). L'eau contaminée constitue le principal véhicule de transmission des maladies diarrhéiques causées par des microorganismes pathogènes véhiculés par l'eau. Ces maladies sont à la base d'environ 33% de mortalité infantile. À Kinshasa particulièrement, où l'hygiène et l'assainissement de l'environnement sont déficients (Ntonku, 2013), la surveillance de cas de diarrhées devrait revêtir une attention particulière.

Le désordre de l'aménagement urbain à Kinshasa est aussi ponctué d'un manque de zonage. En ce qui concerne le plomb, même si la commune de Limete est la seule reconnue comme zone industrielle, de nos jours, les fabriques artisanales, principalement les garages de réparations d'automobiles, les ateliers de soudure et de petites usines, jonchent ici et là parmi les immeubles de services et les maisons d'habitation. La proximité de ce genre constitue une occasion propice à l'exposition au plomb.

Il a été également documenté au Manitoba et ailleurs (Canada) que les entreprises de recyclage des métaux et des batteries d'automobiles constituaient une des sources d'exposition au plomb, à l'instar des fonderies (Gouvernement de Manitoba, 2023 ; Gouvernement du Canada, 2023¹). Il est aussi à signaler que le plomb peut émaner d'éclats de peinture séchée, de poussières, boîtes de conserve, cristal au plomb, poterie de céramique, crayons, craies à dessiner pour enfants, etc. Ces éléments constituent également une source d'émanation du plomb (Gouvernement du Canada, 2023¹). Le fait aggravant est que la disposition des déchets de ces produits, à l'instar de la combustion des huiles usées, n'est pas règlementée dans le cas de Kinshasa. Il est à craindre que le grand nombre des fabriques artisanales et les déchets jonchant tous les quartiers de la ville, constituent une source permanente d'exposition au plomb.

Il a été déjà rapporté que le plomb n'a aucun rôle physiologique reconnu chez l'humain (OMS, 2019). Par ailleurs, quelle que soit la voie d'entrée dans l'organisme, le plomb chemine par le sang avant d'être absorbé par divers tissus. Il a été établi que l'absorption même de très petites quantités de plomb pouvait avoir des effets néfastes sur le développement intellectuel et comportemental des jeunes enfants. Le plomb cellulaire perturbe différents processus physiologiques et plusieurs voies métaboliques cellulaires (Gouvernement du Canada, 2023¹). En effet, chez les enfants et les fœtus, il

a été rapporté -qu'une plombémie se situant entre 10 à 15 microgrammes par décilitre entraînait des effets nocifs sur les systèmes neurocomportementaux et cognitifs. Par ailleurs, un taux supérieur à 40 microgrammes par décilitre, a été rapporté de pouvoir perturber l'érythropoïèse [faculté de produire des globules rouges, (Lévesque, Rhains & Prud'Homme, 1999)]. Au point de vue toxicocinétique, la plus grande partie du plomb qui pénètre dans l'organisme se trouve dans les hématies (95 %), par un mécanisme jusqu'ici peu élucidé, mais dépendant de la présence de bicarbonate. Le plomb a une grande affinité avec les os dans lesquels il peut se concentrer massivement avec une demi-vie variant entre 10 à 20 ans. C'est ainsi que le plomb reste dans l'organisme très longtemps même après l'exposition (Gouvernement du Canada, 2023¹ ; Allain, 2022). Dans les tissus osseux, le plomb remplace une partie du calcium susceptible de conduire à la l'hydroxyapatite et à la déminéralisation des os. En outre, la grande affinité du plomb aux groupes thiol (SH), lui confère la possibilité d'inhiber les enzymes de ces groupes [acide aminolévulinique (ALA) déshydratase, la ferrochélatase et la coproporphyrinogène oxydase] (Allain, 2023). À côté des effets neurologiques et comportementaux irréversibles documentés associés au plomb chez les humains, l'exposition à cette substance cause également anémie, hypertension et déficience rénale. Par ailleurs, elle entraîne des effets toxiques sur le système immunitaire et l'appareil reproducteur (OMS, 2023). De ce fait, tenant compte de sa dangerosité sur la santé, l'exposition de la population de Kinshasa à cette substance, ne devrait jamais être présumée anodine.

Conclusion

À Kinshasa, les eaux stagnantes proviennent des déchets liquides d'origines ménagères, des rejets de petites industries et fabriques des quartiers, des pluies et des inondations. Ces dernières paralysent à certains moments les activités de la vie quotidiennes et parsèment les immondices partout, au cours de leur passage, ce qui accentue davantage des eaux stagnantes.

Les échantillons prélevés dans quelques communes de Kinshasa ont permis de déduire, après analyses, que les eaux stagnantes de Kinshasa contiennent des substances chimiques, comme le plomb ainsi que des microorganismes pathogènes, dont l'E. Coli. Les résultats de l'étude indiquent que la concentration de ces substances dépassent les normes recommandées par US EPA.

Le plomb est à redouter car, même si les effets nocifs n'apparaissent pas immédiatement, il a été démontré que même à faibles doses, l'exposition à cette substance devrait être considérée comme nuisible à la santé des populations, telles celles de Kinshasa qui sont exposées de manière quasi permanente.

Par ailleurs, comme indicateurs des microorganismes, la présence des coliformes, dont l'E. Coli, révèle une dégradation de la qualité de l'eau. Les résultats ont montré que la présence d'E. Coli dépassait les normes sécuritaires, telles que recommandées par US EPA.

Tenant compte la présence des éléments nuisibles pour la santé dans les eaux stagnantes de Kinshasa, dans une perspective d'avenir, il conviendrait de recommander la mise en place des études qui visent à déterminer les facteurs culturels et socio-économiques associés au défaut de ressources d'assainissement de l'environnement.

Par ailleurs, une éducation citoyenne serait suggérée afin d'incorporer les attitudes et comportements favorables à la santé environnementale. Étant plus sensibilisée, la population serait de cette manière, plus encline à gérer plus adéquatement les déchets solides et liquides. Elle prendrait plus conscience de l'importance de préserver l'environnement et d'atténuer toutes les nuisances susceptibles de porter atteinte à l'intégrité des écosystèmes et au mieux-être de toutes les couches de la population.

Étant donné l'absence d'infrastructures de collecte et de traitement des déchets et des eaux usées, il est à suggérer aux décideurs politiques, aux chercheurs, et à toutes les parties prenantes d'améliorer les capacités organisationnelles. Ce faisant, il conviendrait d'élaborer des plans d'action nationaux et locaux impliquant toutes les couches de la société à la protection de l'environnement ainsi qu'à la meilleure disposition des eaux stagnantes et à la gestion adéquate de toutes les eaux usées.

Conflit d'intérêts: L'auteur n'a signalé aucun conflit d'intérêts.

Disponibilité des données: Toutes les données sont incluses dans le contenu du document.

Déclaration de financement: Les auteurs n'ont obtenu aucun financement pour cette recherche.

Références:

1. Allain, P. (2023). Pharmacorama. Connaissance des médicaments. Plomb, Pb. En ligne ; adresse : <https://www.pharmacorama.com/pharmacologie/medicaments-elements/metaux-toxicologie/plomb-pb/> ; Consulté, le 23 mai 2023.
2. Boaz, M., Gubert, F., Makabu, T., Munandi Munkunda, J., Roubaud, F., Saint-Macary, C., & Zanuso, C. (2018). Eau, assainissement et conditions de vie au Congo. Enquête de référence pour l'évaluation d'impact du projet PILAEP 2 (Avril-Mai 2018). Rapport d'analyse de l'enquête.

3. Boukhari, H. (2019). Étude physico-chimique des eaux usées traitées de STEP de Draa El Mizan pour des fins de valorisation agricole, Thèse, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou, Algérie.
4. CEAEQ (2015). Recherche des coliformes totaux et de *Escherichia coli* avec le milieu de culture Colilert : méthode présence/absence. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec.
5. Centre d'expertise en analyse environnementale du Québec (2008). Le Guide d'échantillonnage à des fins d'analyses environnementales. ISBN 978-2-550-55291-8. En ligne; Adresse : <https://www.ceaeq.gouv.qc.ca/documents/publications/echantillonnage/generalitesc1.pdf> ; Consulté le 10 octobre 2022.
6. Ebacher, LD. (2019). Eau stagnante: attention aux infections. Le Nouvelliste, 1er mai 2019. En ligne; adresse : <https://www.lenouvelliste.ca/>; Consulté le 8 mai 2023.
7. Edberg, SC., Rice, EW., Karlin, RJ., & Allen, MJ. (2000). *Escherichia coli* : the best biological drinking water indicator for public health protection. *Journal of Applied Microbiology*, 88 : 106S-116S.
8. Garnier, R. (2005). Toxicité du plomb et de ses dérivés. Toxicity of lead and lead compounds. EMC - Toxicologie-Pathologie. Volume 2, Issue 2, June 2005, Pages 67-88.
9. Gouvernement de Manitoba (2023). Le plomb - Santé publique – Fiche d'information. En ligne; adresse : https://www.gov.mb.ca/health/publichealth/factsheets/lead_factsheet_fr.pdf ; Consulté le 18 mai 2023. Consulté le 8 mai 2023.
10. Gouvernement de Manitoba (2013). Inondations. Feuille de renseignements. Questions fréquemment posées sur les eaux de crue et votre santé. En ligne; adresse : https://www.gov.mb.ca/asset_library/fr/spring_outlook/floodwater_and_your_health.fr.pdf; Consulté le 8 mai 2023.
11. Gouvernement du Canada (2021). Symptômes de l'infection à *E. coli* (*Escherichia coli*). En ligne; adresse : <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/e-coli/symptoms-e-coli.html>; Consulté le 8 mai 2023.
12. Gouvernement du Canada (2023¹). Trousse d'information sur le plomb - Questions couramment posées sur l'effet de l'exposition au plomb sur la santé humaine. En ligne; adresse : <https://www.canada.ca/fr/sante-canada/services/sante-environnement-milieu-travail/contaminants-environnementaux/plomb/trousse-information-plomb-questions-couramment-posees-effet-exposition-plomb-sante-humaine.html> , Consulté le 29 avril 2023.
13. Gouvernement du Canada (2023²). Symptômes de l'infection à *E. coli*. En ligne; adresse :

- <https://www.canada.ca/fr/sante-publique/services/maladies/e-coli/symptoms-e-coli.html> ; Consulté le 4 mai 2023.
14. Gouvernement du Nouveau-Brunswick (2023). Les faits en eau potable. Bactéries coliformes – Coliformes Totaux et E.Coli. En ligne; adresse : <https://www2.gnb.ca/content/dam/gnb/Departments/h-s/pdf/fr/MilieusSains/eau/Coliformf.pdf> ; Consulté le 10 mai 2023.
 15. Harper, L., Powell, J., & Pijl, EM. (2017). An overview of forensic drug testing methods and their suitability for harm reduction point-of-care services. *Harm Reduct J.* 31 juill 2017;14(1):52.
 16. Katombe, K. (2019). Floods kill at least 39 in Congo's capital Kinshasa. *REUTERS* / 27, 2019. En ligne, repéré le 2 août 2022, à l'adresse : <https://www.reuters.com/news/picture/floods-kill-at-least-39-in-congos-capita-idUSKBN1Y01U3>
 17. Lévesque, B., Rhains, M., & Prud'Homme, H. (1999). Protocole d'investigation et de suivi en regard de l'exposition au plomb au Nunavik. Document extrait du Manuel régional de santé publique en ligne Direction de la Santé publique pour le Nunavik. Version PDF réalisée le : 7 janvier 2002. Disponible sur Internet au <http://www.rrsss17.gouv.qc.ca/santepub/>; Consulté le, 19 mai 2023.
 18. Muray, K. Esquisse d'évaluation des effets des eaux stagnantes sur la santé à Kinshasa (sous presse)
 19. Musu, T. & Vogel, L. (2018). Cancer et travail - Comprendre et agir pour éliminer les cancers professionnels. European Trade Union Institute, Bruxelles, 2018. ISBN : 978-2-87452-500-1 (version imprimée) ISBN : 978-2-87452-501-8 (version électronique). En ligne; adresse : [https://www.aleacontroles.com/uploads/tinyBrowser/cancer-travail-WEB_\(2\).pdf#page=201](https://www.aleacontroles.com/uploads/tinyBrowser/cancer-travail-WEB_(2).pdf#page=201) ; Consulté le 30 avril 2023.
 20. Ntonku, K. J. (2013). Prise en charge infirmière des enfants de 0 à 5 ans souffrants de la diarrhée avec déshydratation modérée. Mémoire, ISTM Kinshasa.
 21. OMS (2019). Du 20 au 26 octobre 2019 - Semaine internationale 2019 pour la préventions de l'intoxication au plomb - Kit de ressources pour la campagne. En ligne : adresse: <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/327737/WHO-CED-PHE-EPE-19.5-fre.pdf> ; Consulté le 18 mai 2023.
 22. OMS (2022¹). Lignes directrices de l'OMS sur la prise en charge clinique de l'exposition au plomb. ISBN 978-92-4-004591-0 (version imprimée); ISBN 978-92-4-004590-3 (version électronique). En ligne; adresse : <https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/352383/9789240045903-fre.pdf>

23. OMS (2022²). Intoxication au plomb et santé. En ligne; adresse : <https://www.who.int/fr/news-room/fact-sheets/detail/lead-poisoning-and-health#:~:text=L%27exposition%20au%20plomb%20cause,sang%20qui%20soit%20sans%20danger.>, Consulté le 30 avril 2023.
24. Perraud, R. & Colin, B. (2016). Chimie de l'environnement. Édition De Boeck supérieur, 2016. ISBN 10: 2804192172 / ISBN 13: 9782804192174
25. Pham, O. (2015). La problématique du mercure dans les eaux usées de Montréal. Essai Maîtrise en environnement. Centre universitaire de formation en environnement et développement durable. Université de Sherbrooke.
26. UNESCO (2021). La valeur de l'eau, Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2021.

ANNEXE 1 : Tableaux des résultats

Tableau 1. Essais pour les échantillons des sites B

Paramètres ↓	Lieu x	KINTAM BO		BANDAL			LEMBA		KALUM U	KASAV UBU	KINSHA SA	BARUM BU	SELEM BAO
		Éch ant.	AE 1	AE 2	AE3	AE4	AE5	AE 6	A E7	AE8	AE9	AE10	AE11
Bactéries E. Coli		0	0	1 CFU *	1 CFU*	1 CFU *	0	0	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*
Plomb (en ppb)		2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*

Tableau 2. Essais pour les échantillons des sites B

Paramètres ↓	Lieu x	KINTAM BO		BANDAL			LEMBA		KALUM U	KASAV UBU	KINSH ASA	BARUM BU	SELEM BAO
		Écha nt.	BE1	B E2	BE 3	BE4	BE5	BE6	BE7	BE8	BE9	BE10	BE11
Bactéries E. Coli		0	0	0	1 CFU *	1 CFU *	0	0	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*	missing
Plomb		2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	missing

Reconnaisances et remerciements

Pour leur contribution à l'échantillonnage, nous exprimons nos reconnaissances à :

- Yaganda Yembiline Lylie, Assistante de premier mandat au centre de recherche scientifique et Infirmière à la maternité de Kintambo, Kinshasa, République Démocratique du Congo (RDC);
- Kazangba Ndakwa Zephy, Étudiant à la faculté de médecine à l'Université de Kikwit, RDC

Que Cizungu Mukulu trouve ici, nos sentiments de gratitude pour la révision de ce texte.

Nous disons merci de tout cœur à Patrick Mushagalusa Muhandule, pour nous avoir confectionné le laboratoire de fortune à l'UPN.