

## Le Plomb et les Coliformes des Eaux Stagnantes : Une Menace à la Santé et à l'Environnement à Kinshasa, République Démocratique du Congo

*Kalum Muray, PhD*

Université Laurentienne, Sudbury, Ontario, Canada

Doi: [10.19044/esipreprint.7.2023.p529](https://doi.org/10.19044/esipreprint.7.2023.p529)

Approved: 24 July 2023

Posted: 26 July 2023

Copyright 2023 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

*Cite As:*

Muray K. (2023). *Le Plomb et les Coliformes des Eaux Stagnantes : Une Menace à la Santé et à l'Environnement à Kinshasa, République Démocratique du Congo*. ESI Preprints.

<https://doi.org/10.19044/esipreprint.7.2023.p529>

### Resume

Lorsqu'elles ne sont pas traitées de manière appropriée, les eaux usées (domestiques, ménagères ou celles des lieux d'aisances) constituent un risque pour la santé publique. En effet, elles peuvent contaminer les eaux de nappe phréatique et celle de surface et menacer directement ou indirectement la santé des personnes par contact ainsi que l'équilibre écologique. La contamination de l'eau peut être d'origine naturelle ou anthropique (en lien avec l'activité humaine). Généralement, les polluants de l'eau sont des types microbiologique (bactérienne, virale ou parasitaire) et physico-chimique. Plusieurs maladies transmissibles sont reliés à l'eau contaminée non assainie. C'est le cas du choléra, la diarrhée, la dysenterie, l'hépatite A, la fièvre typhoïde, la poliomyélite, le paludisme, la fièvre jaune, la fièvre dengue, la maladie du sommeil et la filariose. La surveillance des eaux usées est un outil de surveillance de la santé publique en ce sens qu'elle permet de détecter et d'alerter les responsables de la santé publique sur de menaces à la santé et instituer des mesures susceptibles de protéger la communauté. En République démocratique du Congo, principalement dans la ville province de Kinshasa, les eaux usées constituent un danger permanent pour la population. Non traitées, celles-ci se dirigent vers les rivières et les cours d'eaux qui les transforment en dépotoirs d'immondices à ciel ouvert. Ces eaux exposent la population aux mauvaises conditions d'hygiène corolaires à plusieurs maladies infectieuses. Néanmoins, peu

d'études portent sur les effets des eaux usées dans la ville de Kinshasa. C'est pour cette raison que cette étude tente d'examiner les éléments physico-chimique et biologiques (microbiologiques) contenus dans les eaux usées stagnantes de Kinshasa qui sont susceptibles d'être nuisibles à la santé humaine. Comparés aux normes de US APA, les résultats de cette études ont indiqué une concentration de plomb et de coliformes (E. Coli notamment) dépassant les niveaux sécuritaires.

---

**Mots-clés:** Contamination, eaux usées, polluants chimiques et microbiologiques, assainissement, Coliformes et E. Coli

---

## **Lead and coliforms in stagnant water: threat to health and the environment in Kinshasa, Democratic Republic of Congo**

*Kalum Muray, PhD*

Université Laurentienne, Sudbury, Ontario, Canada

---

### **Abstract**

When not treated appropriately, wastewater (domestic, household or toilet water) poses a risk to public health. Indeed, they can contaminate groundwater and surface water and directly or indirectly threaten the health of people through contact as well as the ecological balance. Water contamination can be of natural or anthropogenic origin (linked to human activity). Generally, water pollutants are of microbiological (bacterial, viral or parasitic) and chemical types. Many communicable diseases are linked to contaminated unsanitized water. This is the case for cholera, diarrhea, dysentery, hepatitis A, typhoid fever, poliomyelitis, malaria, yellow fever, dengue fever, sleeping sickness and filariasis. Wastewater surveillance is a public health surveillance tool in that it can detect and alert public health officials to health threats and institute measures that can protect the community. In the Democratic Republic of Congo, mainly in the city-province of Kinshasa, wastewater constitutes a permanent danger for the population. Untreated, these flow into rivers and streams, which turn them into open rubbish dumps. These waters expose the population to poor hygienic conditions associated with several infectious diseases. Nevertheless, few studies focus on the effects of wastewater in the city of Kinshasa. It is for this reason that this study attempts to examine the chemical and biological (microbiological) elements contained in the stagnant wastewater of Kinshasa which are likely to be harmful to human health. Compared to US APA standards, the results of this study indicated a concentration of lead and coliforms (E. Coli in particular) exceeding safe levels

---

**Keywords:** Contamination, wastewater, chemical and microbiological pollutants, sanitation, Coliforms and E. Coli

## 1. Contexte de l'étude

La ville de Kinshasa, en République Démocratique du Congo, connaît une urbanisation et une croissance démographique spectaculaires, qui exigent une très grande utilisation de l'eau pour divers services, ce qui conduit à l'augmentation des eaux usées.

À l'instar des villes d'urbanisation anarchique, la ville de Kinshasa s'est développée dans une méconnaissance disproportionnée des lois, normes et réglementations relatives à l'urbanisme.

Les eaux sont habituellement constituées de matières organiques dégradables, de substances toxiques; de micro-organismes pathogènes et de matières minérales, en suspension ou sous la forme dissoute. Plus souvent qu'autrement, à Kinshasa, 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 fréquemment des morts et d'énormes dégâts matériels (Katombe, 2019).

## 2. Problématique

Les eaux stagnantes bourrassent tous les quartiers non situés aux endroits surélevés de la ville de Kinshasa et y paralysent certaines activités. Les eaux usées et les immondices sont charriés et éparpillés partout. La puanteur (odeur nauséabonde) à certains endroits ~~moments~~ est insupportable. Pire, il existe des endroits 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). Il n'est pas rare de voir des matières fécales en suspension dans des eaux stagnantes, en raison du débordement des puits d'évacuation.

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 beaucoup de nuisances aux résidents.

Par ailleurs, les toilettes des habitants de la ville Kinshasa ne sont pas en règle générale connectées aux égouts municipaux. Leur maintenance est très déficiente, principalement en raison de manque ou de l'irrégularité de l'approvisionnement en eau.

### **3. Données probantes sur le phénomène étudié**

#### **3.1 Généralités**

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).

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 feront 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 l'éventualité de la présence 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 a pour objet de comprendre et d'expliquer le phénomène de stagnation des eaux usées à Kinshasa, dans le but d'en tirer des leçons permettant la prévision et l'application fonctionnelle des connaissances et des capacités reliées à la réduction de production des eaux usées, à leur traitement et leur réutilisation, au besoin.

Étant donné l'immensité de la ville, les échantillons ne seront pas prélevés dans toutes les communes. Les paramètres physico-chimiques et bactériologiques sont examinés dans les communes où les eaux sont quasi permanentement stagnantes. De ce fait, *in situ*, l'évaluation portera sur la mesure de principaux paramètres physico-chimiques d'une part et les paramètres biologiques, bactériologiques notamment, tels, les coliformes totaux et *Escherichia coli* (*E. Coli*).

#### **3.1 Paramètres d'intérêt pour l'études**

Cette étude a évalué tant les paramètres physico-chimiques que biologiques. Les principaux paramètres biologiques étaient les Nitrates, le

Chlore, le Sulfure d'hydrogène, le Manganèse, le Mercure, l'alcalinité et l'acidité et le Plomb. Quant aux paramètres biologiques, les Coliformes totaux et *Escherichia coli* (*E. Coli*), étaient évalués.

### **3.2 Le Plomb**

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, 2022<sup>1</sup>) et de son omniprésence dans les sphères environnementales : l'air (poussière), le sol et l'eau potable (Gouvernement du Canada<sup>3</sup> (2023).

Dans l'eau, le plomb provient principalement de tuyaux qui, selon les endroits et de manière variable, se corrodent et se désagrègent. De ce fait, la teneur en plomb de l'eau potable est très variable. Les caractéristiques physico-chimiques de l'eau (pH, alcalinité, température, dureté, quantité d'oxygène dissous et présence de chlore), peuvent influencer sur la concentration du 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 que divers procédés industriels, la combustion de produits combustibles (fossiles, notamment) et pour ne citer que ceux-là, la combustion des déchets solides (Garnier, 2005). La rémanence du plomb dans l'environnement constitue un phénomène préoccupant, en raison du fait que le plomb ne se détruit pas, mais il ne fait que changer de forme. De ce fait, il s'accumule dans le corps des organismes aquatiques et ceux du sol. Cela explique la fréquence du saturnisme. (Garnier, 2005; OMS, 2022<sup>2</sup>).

Les effets néfastes du plomb pour la santé s'accroissent avec l'exposition à cette substance (OMS, 2022<sup>2</sup>). En effet, 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), rénales (déficience), immunitaires (OMS, 2022<sup>2</sup>) 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, 2022<sup>2</sup>).

### **3.3 Les Coliformes totaux et E. Coli**

Selon l'UNESCO (2021), qu'elles soient industrielles, municipales ou domestiques, environ 80 % des eaux usées 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 d'avoir une répercussion sur l'environnement et la santé (UNESCO, 2021; Boukhari, 2019).

Les coliformes totaux servent d'indicateurs pour mesurer le degré de pollution et la qualité de l'eau de puits. Ceux-ci constituent 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. Toutefois, l'E. Coli est la bactérie qui représente 80 à 90 % des coliformes thermo-tolérants (Edberg et al., 2000).

La présence d'E. Coli dans l'eau, appréhende souvent la possibilité 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<sup>4</sup> (2023).

#### **4. Matériels et méthodes**

Cette étude vise de manière préliminaire à caractériser sur le plan physico-chimique et bactériologique les eaux stagnantes de la ville de Kinshasa. Pour ce faire, nous avons effectué deux campagnes de prélèvement d'eaux stagnantes de Janvier à février 2023 sur douze (12) sites spécifiques de quelques communes de Kinshasa.

Sur le plan méthodologique, l'étude s'est basée sur le principe d'un échantillonnage ciblé qui consiste à cueillir des échantillons aux endroits présumés avoir des eaux stagnantes où l'on soupçonne la présence des contaminants. Dans ce cas, les observations visuelles et/ou les données provenant d'une enquête ou de plaintes guident le chercheur vers la zone pertinemment appropriée. Dans le cas de figure, l'enquête vise un milieu (air, sol, eau) où il y a un indice apparent de contamination. L'examineur bénéficie, au préalable d'une idée précise de la contamination à différents endroits. Ainsi, l'échantillon ponctuel est prélevé à un emplacement d'avance ciblé (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.

##### **4.1 Sites des prélèvements**

Les sites d'échantillonnage n'étaient sélectionnées aléatoirement. De cette façon chacune des zones ne possédait la même probabilité d'être choisie au cours du processus d'échantillonnage. En effet, les endroits à échantillonner étaient au préalable inventoriés de telle sorte qu'on pouvait s'en assurer que l'eau stagne, avant, pendant et après la pluie.

#### **4.1.1 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.

#### **4.1.2 Pour les échantillons B**

Les prélèvements étaient effectués une semaine après, aux mêmes sites que pour les échantillons A. La profondeur d'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 et contexte du choix des tests

À défaut de l'appareil multiparamétrique (très coûteux), pouvant évaluer plusieurs paramètres simultanément, le présent projet a recouru aux tests de « *Health metric* et *BOSIKE* » des États-Unis, pour évaluer la qualité des eaux stagnantes dans la ville de Kinshasa. Conçus pour évaluer la qualité de l'eau potable, ces essais sont très fiables et conformes aux normes de US-EPA. Les tests dont il s'agit sont en grande partie constitués de Kits, avec



des bandelettes. À l'instar des tests immuno-enzymatiques, ces tests entraînent une liaison d'un anticorps spécifique au type de substance recherché (antigène), ou à une famille de composés, ainsi qu'un révélateur du complexe formé par la liaison anticorps-antigène. Ces bandelettes sont introduites dans l'échantillon à examiner et les résultats obtenus indiquent la présence ou l'absence du composé ciblé (Harper, Powell, Pijl, 2017).

Dans le cadre de cette études, chaque kit est constitué des tests susceptibles de détecter, selon le cas, la présence des bactéries, du plomb, du cuivre, dureté, de pH, alcalinité, nitrates, et du chlore dans l'eau. Pour chaque item évalué, les résultats sont obtenus en comparant le code de couleur (à la carte du kit) correspondant au niveau de contamination, comme l'indique la **figure 4.2.1**.

Le Kit « *Health metric* » est conçu pour évaluer la qualité de l'eau potable de puits ainsi que de l'eau municipale. Les bandelettes de ce kit permettent d'examiner respectivement la présence des bactéries, du plomb, du cuivre, nitrates, et du chlore dans l'eau potable et celle des piscines. Ce kit a le mérite de détecter autant les bactéries que les plus petites quantités de plomb et de cuivre et même les niveaux inadéquats de chlore, de nitrate ou de nitrite, la dureté, le pH et l'alcalinité de l'eau.



Figure 4.2.1

Le contrôle de qualité est effectué pour déterminer la conformité des résultats. Dans cette situation envisagée, le Kit d'*AquaVial*, est utilisé comme test pour établir la concordance avec les résultats des sites pairs du Kit *Health metric*, notamment en ce qui concerne les coliformes. Le Kit *BOSIKE* est utilisé pour établir la concordance des résultats aux sites impairs pour les essais portant sur les paramètres physico-chimiques.

AquaVial est un essai fabriqué au Canada pour détecter les bactéries E.Coli et coliformes, il est réputé d'être hautement sensible, tout en conférant les qualités professionnelles. AquaVial peut détecter aussi peu que 1 UFC/mL d'E.coli et de bactéries coliformes. De ce fait, AquaVial est une option utile pour évaluer la qualité de l'eau avant que celle-ci ne devienne nocive à la santé.

#### 4.2.2 *Procédure d'analyse des bactéries 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. Cependant, veiller de ne pas trop remplir ou renverser le contenu (Remettre et 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.
5. 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 votre eau, elles digèrent les nutriments du le pot, et dès lors l'eau prend une couleur jaune vif, comme l'indique **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 la contamination de l'eau en coliformes.

#### 4.2.3 Procédure d'analyse 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 TM E. Coli incubé dans une position verticale pendant 24 heures à 35 - 40°C ou pendant 48 heures à 20 – 25°C et 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 ou Coliformes sont présentes.

La couleur violette signifie : aucune bactérie nocive n'a été détectée dans l'échantillon. Comme l'indique la figure 4.2.3, la couleur jaune signifie : il est fort probable que des bactéries coliformes soient présentes.



Figure 4.2.3

### 4.3 Analyse du plomb au moyen de test « Health metric »

#### Procédure d'analyse du Plomb

- 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). **Nota Bene** : 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 (**voir figure 4.4.1**).



Figure 4.4.1

#### Lecture des résultats du plomb

Le résultat négatif est 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. Ou, si vous ne voyez qu'une seule ligne, le résultat est négatif, comme l'indique la **figure 4.4.2**.

Selon le fournisseur du kit, les lignes peuvent être plus ou moins similaires que celles indiquées sur le schéma.

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.

Dans nos essais, le test de plomb est calibré selon les normes de l'EPA. Cependant, la concentration de 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 unités de Health Metric et celles US EPA**

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)]

## Résultats des essais

Les résultats des analyses chimiques et microbiologiques des échantillons d'eau prélevés au cours de la campagne d'échantillonnage, sont présentés aux tableaux 1 et 2.

En ce qui concerne les paramètres physico-chimiques, les résultats de l'étude indiquent pour certaines substances, que la concentration de la plupart de ces contaminants était faible. Leurs niveaux étaient en deçà du seuil de nuisance. Cependant, comme l'indiquent les tableaux 1 et 2, 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, à l'inverse de tous les autres sites, seuls les sites AE1, AE3 BE1 et BE2 de Kimbanbo, AE6, AE7, BE6 et BE7 de Lemba et BE3 de Bandal étaient dans les plages ne dépassant pas les normes de concentration en coliformes.

## Discussion

La discussion s'y attarde peu sur les paramètres physicochimiques (nitrates, alcalinité, pH, acide cyanurique, sulfure d'hydrogène, manganèse et mercure), dont les résultats ne s'écartent pas des normes de USEPA,

considérées comme standard de référence. Quoiqu'il en soit, cette absence d'écart par rapport aux normes ne présume pas que ces paramètres ne constituent une préoccupation pour la santé. Cela d'autant plus qu'ils ne portaient que sur la saison pluvieuse.

Tel que l'indiquent les tableaux 1 et 2, les niveaux des coliformes et *E. Coli* dans les eaux stagnantes analysées, dépassent les normes de références sur quasiment tous les sites, à l'exception des 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 à Kinshasa comme dans bien des villes de pays en développement. 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 aux eaux pluviales et aux eaux usées ménagères domestiques (celles de cuisine et salle de bain) qui se conduisent dans les ruisseaux et rivières environnant, sans traitement. Cela augmente la possibilité d'exposition aux microorganismes pathogènes (Boaz et al., 2018).

En outre, les mauvaises conditions d'hygiène sont susceptibles de rendre la santé encore plus précaire. Les eaux usées ne sont pas récupérées, mais simplement larguées dans la rue ou dans la nature. Les ménages ne recourent jamais aux services de ramassage des déchets solides. 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, l'aggravation 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 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).

De part et d'autre au Canada, il avait aussi déjà été signalé que l'eau stagnante provenant des crues printanières constituait un risque de propagation des virus, bactéries et des produits chimiques à ces étendues

d'eau ainsi qu'aux terres les entourant (Ebacher, 2019 ; Gouvernement de Manitoba, 2013).

Ce phénomène devrait susciter une attention particulière, car selon de nouvelles estimations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS, 2012), l'insalubrité de l'environnement a été associée au décès de 12,6 millions de personnes sur la planète. 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, la surveillance de cas de diarrhées devrait revêtir une attention particulière (Ntonku, 2013).

La ville de Kinshasa souffre d'un défaut de protocole d'aménagement urbain, ponctué d'un manque de zonage. En ce qui concerne le plomb, même si la commune de Limete qui était depuis longtemps la seule réputée être une 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. De tels aménagements constituent une occasion propice à l'exposition au plomb.

Il a été également documenté au Manitoba et ailleurs au 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<sup>3</sup>, 2023). Il est aussi à signaler que le plomb peut émaner d'éclats de peinture séchée, poussières, boîtes de conserve, cristal au plomb, poterie de céramique, crayons, craies à dessiner pour enfants, etc., dont les déchets ne sont pas réglementés à l'instar de la combustion des huiles usées qui constituent également une source potentielle d'émanation du plomb (Gouvernement du Canada<sup>3</sup>, 2023).

À Kinshasa, il est appréhensible que le nombre gigantesque des fabriques artisanales et leurs déchets caparaçonnant tous les quartiers de la ville, constituent une source d'exposition au plomb.

Il est indiqué 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 est établi que l'absorption même de très petites quantités de plomb peut 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<sup>3</sup>, 2023). 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 supérieurs à 40 microgrammes par décilitre, a été rapporté de pouvoir perturber l'érythropoïèse [faculté de produire des globules rouges, (Lévesque, Rhainds & 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<sup>3</sup>, 2023 ; 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 inhiber les enzymes de ces groupes [acide aminolévulinique (ALA) déshydratase, la ferrochélatase et la coproporphyrinogène oxydase] (Allain, 20223).

Tenant compte de nombreuses affections susceptibles de découler du plomb, à Kinshasa l'exposition de la population de manière quasi permanente à cette substance, ne devrait pas être considérée comme sans danger sur le plan de la santé.

Comme limites liées à cette étude, l'échantillonnage non représentatif de toute la ville de Kinshasa (en raison de son immensité), peut être considéré. Toutefois, même si les informations recueillies aux sites échantillonnés ne sont pas représentatives de l'ensemble de la ville, il serait tout de même permis de déduire, après analyses, que la gestion inadéquate des déchets solides et liquides constitue une occasion privilégiée d'exposition aux risques physico-chimiques, dans le cas du plomb et microbiologiques, en ce qui concerne les coliformes pathogènes, dont l'E. Coli.

Dans une perspective d'avenir, il conviendrait de recommander une piste de recherche en vue de déterminer les facteurs culturels et socio-économiques associés au défaut de ressources d'assainissement de l'environnement.

Par ailleurs, il serait également à recommander l'éducation citoyenne quant aux actions visant à modifier les attitudes et comportements de la population. De cette manière étant plus sensibilisée, celle-ci serait plus encline à la gestion plus appropriée des déchets solides et liquides. En outre, elle prendrait conscience de l'importance de préserver l'environnement et d'atténuer toutes nuisances qui risqueraient de porter atteinte à l'intégrité des écosystèmes et au mieux-être de la population.

Étant donné l'absence d'infrastructures de collecte et de traitement des déchets et des eaux usées, les décideurs politiques, les chercheurs, et les autres parties prenantes des institutions publiques devraient être sensibilisés



pour élaborer des plans d'action nationaux et locaux qui visent la protection de l'environnement et l'utilisation adéquate des eaux usées. De ce fait, il conviendrait d'implémenter des capacités organisationnelles en guise d'améliorer la gestion des eaux usées, comprenant eaux stagnantes.

### References:

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. 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.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
8. 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](https://www.gov.mb.ca/health/publichealth/factsheets/lead_factsheet.fr.pdf) ; Consulté le 18 mai 2023. Consulté le 8 mai 2023.
9. 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/flood\\_water\\_and\\_your\\_health.fr.pdf](https://www.gov.mb.ca/asset_library/fr/spring_outlook/flood_water_and_your_health.fr.pdf); Consulté le 8 mai 2023.

10. 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.
11. Gouvernement du Canada<sup>3</sup> (2023). 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.
12. Gouvernement du Canada<sup>4</sup> (2023). 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.
13. 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.
14. 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.
15. 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>
16. 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.rsss17.gouv.qc.ca/santepub/>; Consulté le, 19 mai 2023.
17. 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.

18. 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.
19. 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.
20. OMS, (2022<sup>1</sup>). 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>
21. OMS, (2022<sup>2</sup>). 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.
22. Perraud, R. & Colin, B. (2016). Chimie de l'environnement. Édition De Boeck supérieur, 2016. ISBN 10: 2804192172 / ISBN 13: 9782804192174
23. 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.
24. UNESCO (2021). La valeur de l'eau, Rapport mondial des Nations Unies sur la mise en valeur des ressources en eau 2021.

## Annexe 1 Résultats

### Essais A

Les essais de la catégorie A sont constitués par les échantillons collectés au moins trois jours sans précipitation.

Paramètres	Lieux	KINTAMBO					BANDAL			LEMBA		KALUMU	KASAVUBU	KINSHASA	BARUMBU	SELEMBAO
	Échant.	AE1	AE2	AE3	AE4	AE5	AE6	AE7	AE8	AE9	AE10	AE11	AE12			
Bactéries E. Coli		0	0	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*	0	0	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*			
Nitrates (ppm)		0	0	2	2	2	0	0	0	2	2	2	2			
Plomb (en ppb)		2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*			
Chlore		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			
pH		7	7	6,5*	6,5*	6,5*	8,5*	8,5*	6,5*	6,5*	6,5*	6,5*	6,5*			
Alcalinité (en ppm)		80	80	80	80	80	120	120	80	80	80	80	80			
A. Cyanurique (ppm)		30	30	30	30	30	50	50	30	30	50	50	50			
H <sub>2</sub> S		0,3	0,3	0,50	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3			
Mn		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	<0,02	<0,02			
Hg		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			

### Essais B

Les essais de la catégorie B sont constitués par les échantillons collectés directement après précipitation.

Paramètres	Lieux	KINTAMBO			BANDAL			LEMBA		KALUMU	KASAVUBU	KINSHASA	BARUMBU	SELEMBAO
	Échant.	BE1	BE2	BE3	BE4	BE5	BE6	BE7	BE8	BE9	BE10	BE11	BE12	
Bactéries E. Coli		0	0	0	1 CFU*	1 CFU*	0	0	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*	1 CFU*	missing	
Nitrates		0	0	0	2	2	0	0	2	0	2	2	missing	
Plomb		2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	2*	missing	
Chlore		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	missing	
pH		7,5	7,5	6,5	6,5	6,5	8	8	6,5	6,5	6,5	6,5	missing	
Alcalinité		80	80	80	80	80	130	130	80	80	80	80	missing	
A. Cyanurique		50	50	50	50	50	50	50	50	30	50	50	missing	
H <sub>2</sub> S		0,3	0,3	0,50	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	missing	
Mn		<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	0,2	0,2	0,05	0,05	0,05	<0,02	missing	
Hg		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	missing	