

## **Contamination du mercure issu des DEE sur les sols et les eaux à N'Djamena**

***KOUMOUBI KREGA***

Enseignant chercheur, Institut National Supérieur des Arts et Métiers de Biltine (INSAMB)

Tel. +235 66 28 74 48.

Email: [kregakoumoub@gmail.com](mailto:kregakoumoub@gmail.com) Tchad.

Article soumis le 20/05/2024 et accepté le 26/06/2024

Réf : AUM11-0109

**Résumé :** Les Equipements Electriques et Electroniques sont aujourd'hui dans tous les secteurs socio-économiques du monde. Au Tchad, ils sont en pleine expansion depuis plus de dix (10) ans. En fin de vie, ils sont appelés les Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques en abrégé DEEE ou D3E. A N'Djamena, rien n'indique que ces DEEE sont bien gérés présageant un problème sur l'environnement. Les DEEE contiennent des métaux lourds ou des éléments traces métalliques (ETM) dont le mercure. Pourtant, si le mercure est mal géré selon le constat fait à N'Djamena, il est dangereux pour l'environnement et la santé. Deux théories ont été choisies pour cette étude. Il s'agit de la théorie de la souillure de Marie Douglas et de la théorie de l'habitus de Pierre Bourdieu. Ainsi, pour comparer les résultats des échantillons des sols, sept (7) sites à la devanture des ateliers de réparation ont été prélevés dont un site témoin en dehors des ateliers. Pour les eaux, des échantillons ont été prélevés sur deux sites dans des caniveaux à la devanture des ateliers et un site témoin en dehors des ateliers. L'analyse de ces échantillons a été faite au laboratoire du département de biologie de la Faculté des Sciences Exactes et Appliquées de Farcha (FSEA). Les résultats des analyses obtenus, montrent que les sols et les eaux des sites étudiés à la devanture des ateliers sont contaminés car leur teneur est supérieure à la normale contrairement aux sites témoins. C'est le cas par exemple de mercure dans les sols de Dembé ( $11 \mu\text{g/l} > 1 \mu\text{g/l}$ ) et de Ridina ( $10 \mu\text{g/l} > 1 \mu\text{g}$ ) puis de mercure dans les eaux de Chagoua ( $2,2 \mu\text{g/l} > 1 \mu\text{g/l}$ ) et de Ridina, aussi légèrement supérieur à la norme ( $1,1 > 1 \mu\text{g/l}$ ). Le mode actuel de gestion des DEEE à N'Djamena est informel et expose l'environnement à un risque évident de pollution. Il faudra réfléchir sur une solution de gestion appropriée.

**Mots clés :** déchets, équipements électriques et électroniques, environnement, sol, eau.

## Contamination of mercury from DEEE on soil and water in N'Djamena

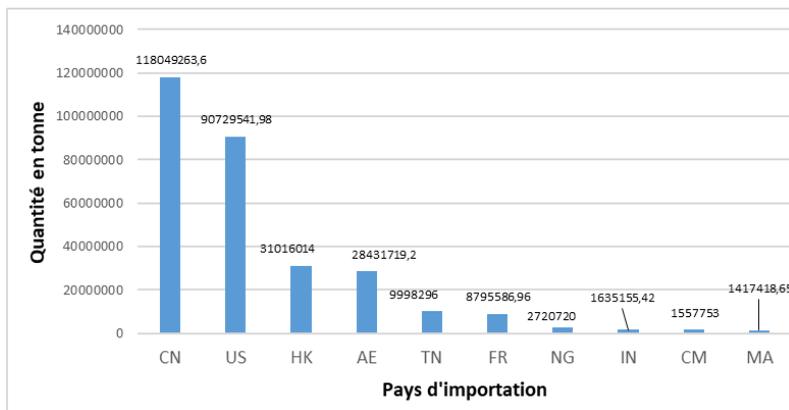
**Abstract:** Electrical and Electronic Equipment is now found in all socio-economic sectors in the world. In Chad, they have been expanding for more than ten (years). At the end of their life, they are called waste electrical and electronic equipment, abbreviated WEEE or D3E. In N'Djamena, there is no indication that these WEEE are well managed, which indicates a problem for the environment. Containing heavy metals or trace metal elements (TME) including mercury. Poorly managed, as observed in N'Djamena, mercury is dangerous for the environment and health. Two theories were chosen for this study. There are Pierre Bourdieu's theory of defilement and Marie Douglas' theory of habitus. Thus, to measure the impact of mercury on soil and water, soil samples were taken on seven (7) sites in front of the repair workshops including a control site to compare the results and water samples on two (2) sites in front of the repair shops then one (1) control site outside the repair shops. The analysis of these samples was carried out in the laboratory of the biology department of FSEA in Farcha. The results of the analyzes obtained show that the soil and water of the sites studied are contaminated because their content is higher than normal. This is the case, for example, of Mercury in soils in Dombé ( $11\mu\text{g/l}$   $>1\mu\text{g/l}$ ) and Ridina ( $10\mu\text{g/l}$   $>1\mu\text{g}$ ) and mercury in water in Chagoua ( $2.2\mu\text{g/l}$   $>1\mu\text{g/l}$ ) and Ridina, also slightly higher than the standard ( $1.1 >1\mu\text{g/l}$ ). The current mode of WEEE management in N'Djamena is informal and exposes the environment to an obvious risk of pollution. It will be necessary to think about on an appropriate management solution.

**Keywords:** waste, Electrical and Electronic Equipment, environment, soil, water

### Introduction

Depuis plus de dix (10) ans, les populations du Tchad en général et celles de N'Djamena en particulier se sont mises à l'acquisition importante du matériel électronique et électrique notamment les téléphones portables, les ordinateurs, les réfrigérateurs, les ventilateurs, les télévisions, les jouets etc. neufs ou de seconde main. Les Equipements Electriques et Electroniques sont des outils qui ont touché presque tous les secteurs d'activités. Partout dans la ville, on observe la prolifération de ces matériels électriques et électroniques. En même temps, l'Afrique de manière générale est devenue un dépotoir des Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques produits sur place ou importés. La figure 1 présente la quantité des Equipements Electriques et Electroniques importés au

Tchad en provenance des différents pays d'Afrique et du monde de 2012 à 2021, neufs ou de seconde main.



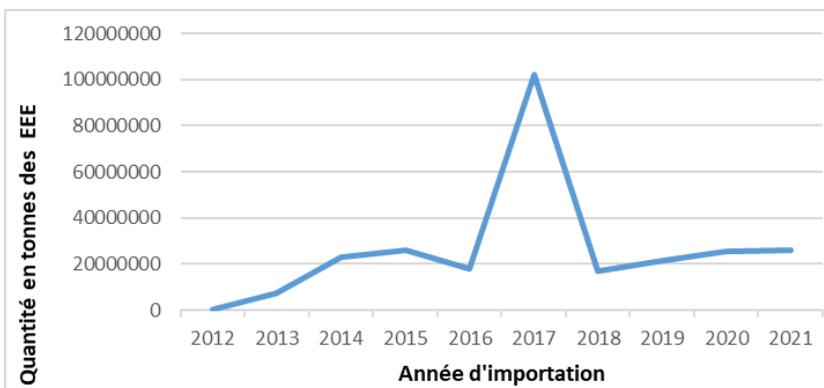
**Figure 1. N'Djamena : quantité des Equipements Electriques et Electroniques importés selon les pays de provenance.**

Source : Direction de la Douane, 2022

CN : chine, US : Etats Unis, HK : Hong Kong, AE : Emirats Arabes Unis, TN : Tunisie, FR : France, NG : Nigéria, IN : Inde, CM : Cameroun, MA : Maroc

Cette figure 1 indique la quantité des EEE importés dans les dix (10) pays principaux pendant dix (10) ans de 2012 à 2021. Ainsi, la Chine vient en tête (118049263,6 tonnes) suivie des Etats-Unis (90729541,98 tonnes) puis de Hong Kong (31016014 tonnes). En Afrique, c'est la Tunisie (9998296 tonnes), le Nigeria (2720720 tonnes) et le Cameroun (1557753 tonnes).

En plus de ces données, il y a celles qui concernent l'évolution des importations étalées sur dix (10) ans comme présentées à la figure 2.



**Figure 2. N'Djamena : Evolution des importations des équipements électriques et électroniques de 2012 à 2021.**

Source : Direction de la Douane, 2022

Cette figure 2 montre que les importations ont augmenté de 2012 à 2015. A partir de 2016, elles ont chuté à cause de la crise économique qu'a connue le Tchad en rapport avec la chute des cours de pétrole sur les marchés internationaux. Elles ont repris de 2017 à 2018 avant de replonger probablement avec la crise de COVID 19 et reprendre à partir de 2020.

En Afrique, l'utilisation des Equipements Electriques et Electroniques est encore faible par rapport aux autres pays du monde, mais elle connaît une croissance vertigineuse. Selon les données de la Banque Mondiale 2010, et de UIT 2008 concernant la dernière décennie, le taux de pénétration des ordinateurs personnels a décuplé tandis que le nombre des téléphones mobiles a centuplé (Convention de Bâle, 2012, p.22). S'il faut à tout cela, imaginer les conséquences que ces matériels pourraient causer à la fin de leur cycle de vie sur l'environnement et sur la santé. Il est à noter que, compte tenu des importations importantes (figure 1) pour le cas du Tchad, pourraient laisser croire que des quantités d'Equipements Electriques et Electroniques neufs ou de seconde main sont utilisées par les ménages à N'Djamena.

Si les équipements électriques et électroniques font le bonheur des acquéreurs pour leurs prix abordables et les services qu'ils rendent, ils constituent cependant en fin de cycle de vie, de véritables déchets difficiles à gérer (Rapport technique d'étude de diagnostic sur la gestion des Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques en Côte d'Ivoire (2011, P.9).

Ainsi donc, en fin de vie, ils sont appelés les Déchets D'équipements Electriques et Electroniques (DEEE ou D3E).

Ces déchets contiennent à la fois des composantes toxiques (plomb, mercure, cadmium etc.) et des matériels de valeur tels que le plastique, les métaux de base comme l'acier, l'aluminium ou le cuivre et des métaux précieux comme l'or, l'argent ou le palladium (Diomaye Dieng et al, 2017, p. 3).

A N'Djamena, ces Equipements Electriques et Electroniques usagés ne se retrouvent malheureusement pas sur des lieux indiqués parce qu'il n'existe pas des décharges spécifiques aux DEEE contrairement à certains pays ouest-africains comme le Benin, la Côte d'Ivoire, le Nigeria où des tonnes des DEEE peuvent se retrouver sur des lieux précis identifiés (dépotoirs). A N'Djamena, les DEEE se trouvent le plus souvent chez les réparateurs ou les recycleurs pour certains pendant des longues périodes. Les déchets d'équipement électriques et électroniques sont de manière générale un danger permanent.

Un article de Fondation des territoires de demain, intitulé « Risque de déchets électroniques pour le développement durable en Afrique » relève que le flux de déchets électroniques et électriques en Afrique est considérable et que ces déchets constituent une menace pour le peuple et pour l'environnement ([www.googletagmanager.com/ns.html](http://www.googletagmanager.com/ns.html)).

Ces déchets jetables usagés sont constitués des éléments nocifs qui peuvent se révéler dangereux pour la santé et l'environnement car ils contiennent beaucoup de métaux lourds. Lorsqu'ils se retrouvent dans la chaîne alimentaire, suite à leur dispersion dans la nature, les métaux lourds peuvent se révéler très toxiques pour l'Homme,

l'animal ou la nature" (ConsoGLOBE, 2009). Pour le cas de pollution, une étude de l'entreprise Uniross, spécialisée dans le domaine de piles rechargeables cité toujours par Héloïs Pons a prouvé que la fabrication du nombre de piles nécessaire à la production d'un kilowattheure d'énergie contribue autant au changement climatique que 457 kilomètres parcourue en voiture.

Selon Médiaterre, Système d'Information Mondial Francophone pour le Développement Durable (2012), l'Afrique de l'Ouest doit aujourd'hui faire face à un flux croissant de Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques issus non seulement de la consommation intérieure mais aussi en provenance également de pays industrialisés. Toujours selon, la même source, dans un nouveau rapport, l'ONU s'alarme des conséquences pour l'environnement et les populations et préconise une gestion durable urgente de ces déchets.

Dans un rapport (2012), L'ONU explique ainsi comment l'Afrique de l'Ouest doit faire face à un flux croissant des déchets issus de la consommation intérieure d'Equipements Electriques et Electroniques neufs et usagés. Dans les cinq (5) pays examinés dans le cadre de ce rapport (Bénin, Côte d'Ivoire, Ghana, Libéria et Nigeria), entre 650 000 et 1 000 000 de tonnes de déchets électroniques issus de la consommation intérieure sont produites chaque année.

Florence Roussel (2012), indique qu'un nouveau rapport de l'ONU constate que la consommation intérieure est à l'origine de la majorité (85%) des Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques (DEEE) neufs ou d'occasion produits dans la région. Selon l'étude, les importations de Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques provenant d'Europe se poursuivent et viennent gonfler ces tonnages de déchets à traiter. Souvent, les conditions de recyclage ne garantissent pas une protection suffisante des travailleurs et de l'environnement. Ce problème est de surcroît aggravé par un flux constant d'équipements usagés provenant de

pays industrialisés, dont d'importants volumes s'avèrent non réutilisables. Le Royaume-Uni est le principal pays exportateur d'EEE neufs et usagés en Afrique, suivi avec de grands écarts par la France et l'Allemagne. Le Nigeria est le principal pays africain importateur d'EEE neufs et usagers, suivi du Ghana.

Les Equipements Electriques et Electroniques font partie intégrante tous les jours de la vie des populations. C'est dans ce sens que, Vanessa Forti et al (2020, p.9) informent que les Equipements Electriques et Electroniques (EEE) occupent une place prépondérante dans notre vie quotidienne. Leur disponibilité et leur utilisation généralisée permettent à une grande partie de la population mondiale de jouir de meilleures conditions de vie. Or, nos modes de production, de consommation et d'élimination des Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques ne sont pas durables.

En fonction de la nature de leurs constituants et de leurs propriétés, certains déchets représentent un danger spécifique pour l'Homme ou pour l'environnement et sont considérés comme dangereux. Il s'agit, par exemple, de déchets contenant des métaux lourds (plomb, cadmium, mercure, arsenic...), des hydrocarbures, des déchets explosifs, comburants ou facilement inflammables, des déchets irritants, etc. ([www.fostplus.be](http://www.fostplus.be) consulté le 11/06 /2021).

Ces métaux lourds appelés aussi éléments traces métalliques (ETM) existent toujours dans l'environnement sous plusieurs formes et résultent des causes naturelles mais aussi des activités anthropiques. Bien qu'ils soient indispensables ou nécessaires aux êtres vivants, ils sont considérés comme toxiques pour l'environnement quand leur concentration est élevée. Les sols peuvent être pollués lorsque la dose des ETM constitue une menace pour le sol ou l'eau du point de vue de l'activité biologique ou pour ses fonctions.

Pour le cas de N'Djamena, la principale raison est que ces déchets ne sont pas traités ou sont mal traités puisque exposés pendant longtemps dans des lieux non indiqués notamment devant les ateliers de réparation par exemple et susceptibles de contaminer les sols et l'eau (planche 1).



12°10'44" 15°2'19"



12°7'24" 15°3'29"

**Koumoubi Krega, juin 2022**

**Planche 1. Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques des gros appareils exposés devant des ateliers de réparation aux quartiers Houdjadj et Klémat**

Ces Déchets Electriques et Electroniques des gros appareils à la devanture de ces ateliers de réparation sont ainsi exposés à la chaleur ou à l'humidité pendant des années. Ils peuvent laisser échapper des éléments issus des métaux lourds très dangereux pour l'environnement et la santé sous l'effet donc des différents aléas comme le vent, la température ou la pluie.



12°6'16" 15°3'21"

**Koumoubi Krega, juin 2022**

**Photo 1. Un atelier des Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques mixtes au quartier Kabalaye**

Cet atelier contient toute sorte des Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques. Le réparateur enlève en même temps certains éléments encore utiles soit pour dépanner un autre équipement ou pour revendre. Il fait ce travail sans aucune mesure de protection (port de masque) s'exposant ainsi aux effets de ces déchets. A la question de savoir le risque qu'il encourt, il répond que "ça fait plusieurs années que nous sommes dans cette activité et rien ne nous est arrivé". Il ignore que les effets sur la santé de ces déchets se font sentir à long terme ou après plusieurs années.

De tout ce qui précède, le mercure issu des DEEE, ne contamine-t-il pas les sols et l'eau à N'Djamena ? Telle est la question de cette étude.

Cette étude a pour objectif de mesurer la teneur du mercure des DEEE qui se trouve dans le sol et l'eau à N'Djamena.

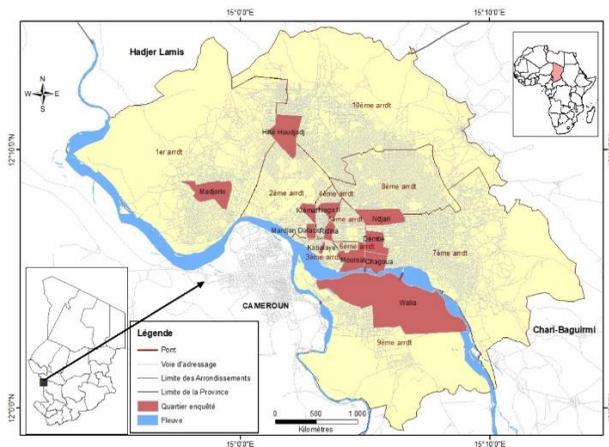
Par rapport au constat fait sur le terrain, l'hypothèse est que, les sols et les eaux à la devanture des ateliers de réparation sont contaminés par le mercure issu des DEEE.

## **1. Délimitation spatiale de l'étude**

Cette étude est faite au Tchad, pays de l'Afrique centrale situé entre le 8<sup>e</sup> et 23<sup>e</sup> degré de latitude Nord et entre 14<sup>e</sup> et le 24<sup>e</sup> degré de longitude Est. Ce pays couvre une superficie de 1 284 000 km<sup>2</sup> avec une population estimée aujourd'hui à 17 millions d'habitants. Pays enclavé car sans débouché maritime, le Tchad est limité au nord par la Libye, à l'Est par le Soudan, à l'Ouest par le Cameroun, le Nigéria et le Niger et au Sud par la République Centrafricaine. Les activités économiques liées essentiellement à l'agriculture et à l'élevage ont commencé à recevoir des soutiens accrus des devises depuis l'avènement du pétrole. Le pays s'est lancé ces dernières années dans de gros investissements destinés à construire ou à réhabiliter les infrastructures et les équipements pour un décollage général de l'économie nationale et assurer des meilleures conditions de vie de la population (ECOSIT 3, 2013, page 15).

La ville de N'Djamena, capitale du Tchad et site de cette étude, est située entre 11° et 12°8' de latitude Nord et 14°2' et 15°2' de longitude Est. Elle est limitée au Nord par la région de Hadjer-Lamis, à l'Est et au Sud par la région du Chari Baguirmi, à l'Ouest par le fleuve Logone au-delà duquel se trouve la ville camerounaise de Kousséri. Elle est soutenue par une plaine alluviale plate dont les altitudes varient entre 293 et 298 mètres. La ville se trouve sur des terrains aux pentes faibles orientées plutôt dans le sens de l'écoulement du fleuve Chari d'où les inondations chaque année de plusieurs quartiers. Les ouvrages de drainage qui existent n'étant pas adaptés.

N'Djamena est la ville du pays la plus peuplée (1 456 710 habitants en 2018 selon la projection de la Banque mondiale (BM) citée par Abdelmadjit Ali Ahmat (2018) et la capitale du pays. Les conditions de vie relativement meilleures font qu'elle soit susceptible de produire le plus des Déchets d'Equipements électriques et Electroniques. Ce sont les raisons de son choix pour cette étude. La figure 3, localise géographiquement la ville de N'Djamena ainsi que les quartiers faisant l'objet de cette étude et dont les critères de choix sont aux commentaires.



Source : Donnée de terrain. Koumoubi Krega. 2022. Projection : WGS 84  
**Figure 3. Localisation des quartiers d'étude.**

Sur cette figure 3, les onze (11) quartiers qui font l'objet de cette étude sont présentés. Il s'agit des quartiers Hilé Houdjadj, Madjorio, Klémat, Naga II, Ndjari, Dembé, Moursal, Chagoua, Ridina, walia et Kabalaye. Ils sont représentatifs de tous les arrondissements de la ville de N'Djamena. Mais de ces quartiers, six (6) sont concernés par les prélèvements des échantillons des sols et des eaux.

## **2. Cadre théorique**

Les déchets constituent aujourd'hui, un problème environnemental majeur de l'humanité car plus ils sont produits, plus il y a des difficultés pour s'en débarrasser. Selon Naskida (2018, p.91), il apparaît de toute évidence que les déchets constituent une source de pollution environnementale. Car le rejet direct des déchets ménagers solides et liquides contiennent des particules nocives qui polluent le sol, l'eau dans la ville de N'Djamena au Tchad.

### **2.1. Les Théories de souillures de Mary Douglas (1967)**

Les Théories de la « souillure » de Douglas sont logiquement retenues pour cette étude liée à la gestion des déchets de manière générale et celle d'Equipements Electriques et Electroniques en particulier.

Jeter n'importe où les déchets ne peut être qu'un désordre, cohabiter avec la saleté a toujours été déconseillé. Mary Douglas pose, dans cet essai de 1967 intitulé Essai sur les notions de pollution et de tabou, que toute culture doit faire face aux anomalies qui découlent de son système. Elle introduit alors la notion frontière de souillure pour comprendre comment les sociétés primitives sélectionnent rationnellement les dangers. Ce livre passionnant est aussi le prélude à une anthropologie du risque que Douglas développera plus tard dans une théorie politico-légale du danger en Occident.

M. Douglas (1967) montre qu'il n'existe pas de différences fondamentales entre les religions de la foi et la magie primitive. Dans un cas comme dans l'autre, la gestion de l'impureté est fondée sur une certaine organisation symbolique du monde concret, dont la

construction est d'ordre plus intellectuel que moral ou spirituel (Picardie Jules Verne et al, Amiens, 2019).

Naskida (2018, p.83), note que les théories de Douglas sur la conceptualisation de la « souillure », de la « saleté » et du « déchet » comme marqueurs des limites internes et externes d'un système social et symbolique, et par là révélateurs d'une certaine conception de l'« ordre », n'ont cessé d'alimenter les réflexions des chercheurs en sciences sociales, anglophones comme francophones, sur les thématiques de la souillure et de la pureté dans la religion, de l'entretien des espaces de vie et du corps, de la pollution, et bien sûr de la gestion des déchets.

Justement, la saleté est bien quelque chose qui a sa place dans un endroit bien précis. C'est pourquoi, il est question de s'en débarrasser mais vers ces endroits précis.

Cette théorie permet de montrer que sur le plan historique, religieux ou culturel des sociétés, le déchet pour le propriétaire ne peut être que quelque chose de mauvais, de sale qu'il faut s'en débarrasser. Maintenant, il reste la manière de s'en débarrasser parce que les nouveaux types des déchets ont besoin d'un traitement très particulier. Le citoyen ou l'individu au centre de la gestion des déchets doit à effet, être sensibilisé. C'est pour cela que la théorie de l'habitus de Pierre Bourdieu qui préconise l'éducation environnementale des populations est choisie.

## **2.2. La théorie de l'habitus de Pierre Bourdieu (1972)**

L'éducation environnementale devient un impératif pour le changement de comportement des populations urbaines notamment de l'Afrique en proie à un exode rural avec une mentalité très peu tournée vers la culture de gestion des déchets ménagers et d'une prise de conscience personnelle sur le phénomène. C'est pourquoi, la théorie de pratique basée sur les concepts de « constructivisme structuraliste » de Pierre Bourdieu s'invite enfin dans ce travail. Ainsi, les concepts clés utilisés par Pierre Bourdieu sont les suivants : Habitus – Champs- Capital.

Par définition, d'après Pierre Bourdieu, l'**Habitus** c'est un système de dispositions acquises, incorporées de manière durable, et tendant à reproduire la logique des conditionnements qui sont à son origine. Donc, l'habitus explique comment les normes et les valeurs sont acquises, incorporées et ont tendance à se reproduire. L'habitus permet à l'individu de s'intégrer dans son groupe, de façonner sa vision du monde et de se faire une idée de sa place au sein de son groupe. Ces dispositions (normes, valeurs, etc.) vont historiquement être extériorisées et cristallisées, à leur tour, au niveau des **champs** : espaces de la vie sociale qui deviennent relativement autonomes autour des relations, des ressources et d'enjeux qui leur sont propres.

Pierre Bourdieu cherche à concilier l'objectif (le social) et le subjectif (l'individu) au sein du « constructivisme structuraliste ». Il désigne ainsi le double mouvement d'intériorisation de l'extérieur et d'extériorisation de l'intérieur. La connaissance puise son origine dans le social. Dès l'enfance, l'individu assimile ainsi des comportements, des perceptions et des références qui structurent ses habitus et génèrent des capitaux sociaux, économiques et culturels mobilisables. L'individu intériorise donc très tôt l'organisation sociale dans laquelle il s'inscrit. Ce qui configure son organisation cognitive. Les structures objectives fondent les représentations subjectives. En retour, ces représentations modèlent le social sous certaines conditions. Pierre Bourdieu cite l'exemple des effets de théorie qui résultent des conséquences d'une théorie sur la réalité sociale comme ce fut le cas du marxisme. Le cognitif peut influencer sur le social. C'est une vision systémique de l'interaction du social et du cognitif que l'on peut ainsi illustrer.

Le « constructivisme structuraliste » constitue un cadrage théorique pertinent pour une recherche portant sur le développement durable et l'éducation à l'environnement vers le développement durable.

Il est question à travers cette théorie, de signaler que la protection de l'environnement dans sa globalité et le problème de gestion de déchets, a besoin d'une action commune et que chacun doit intégrer

le meilleur système que la société mondiale aura adopté quand bien même, elle doit tenir compte de la spécificité locale.

La question des déchets de manière générale, et celle des DEEE en particulier, constitue aujourd'hui un risque majeur pour l'humanité. Elle doit donc être réglée en amont avant qu'il ne soit trop tard. Des nombreuses études ont montré que les DSM et les DEEE constituent un véritable danger pour les populations africaines et celles du monde.

C'est pourquoi, dans les sols, les résidus de mercure des mines et des processus industriels, comme des déchets provoquent un large nombre des sites contaminés dans le monde entier. Il est important d'avoir un stockage sécurisé des déchets contenant le mercure (O. MEGRET et al, 2014, p.21). Les mêmes auteurs, de poursuivre que les plus importants facteurs déterminants les rejets de mercure issus des eaux sont la quantité de mercure contenant des déchets qui sont évacués dans l'eau et la concentration de mercure dans ces déchets.

A N'Djamena, la gestion actuelle des DEEE et partant celle de mercure est l'une des plus mauvaises en Afrique et ne peut qu'impacter les sols et les eaux d'où le choix du sujet de l'article.

### **3. Méthode et matériels**

#### **3.1. Méthode**

L'échantillonnage spatial, a tenu compte des quartiers ayant les mêmes caractéristiques notamment la qualité des habitations, de la voirie, les équipements, les activités ainsi que les formes de l'habitat ou les services d'enlèvement des ordures. Les ateliers dans les quartiers ont été systématiquement identifiés avant que quelques-uns ne soient tirés au hasard pour l'analyse des sols et d'autres retenus à cause de la présence des caniveaux devant les ateliers (figure 2).

**Tableau 1. Répartition des quartiers retenus pour l'étude**

N°	Type de quartiers	Quartiers
1	Résidentiel	Klémat
2	Traditionnel ancien	Kabalaye
		Ridina
3	Traditionnel intermédiaire	Naga II
		Moursal
4	Traditionnel récent	Walia
		Hilé Houdjadj
		Chagoua
		Djari
		Madjorio
		Dembé

Source : Enquête de terrain 2021.

Ces quartiers (tableau 1), représentent les caractéristiques de tous les quartiers de N'Djamena. Les quartiers Chagoua, Dembé, Walia, Hilé houdjadj, Naga II, Kabalaye et Ridina ont fait l'objet des prélèvements des sols et eaux.

Etant donné qu'il y'a plusieurs sortes d'Equipements Electriques et Electroniques, la Directive 2002/96/CE du Parlement Européen et du Conseil (2003) les a réparti en dix (10) catégories suivantes :

- Gros appareils ménagers : réfrigérateurs, congélateurs, climatiseurs, four, etc. ;
- Petits appareils ménagers : micro, onde, chauffe-eau, cafetière, etc. ;
- Equipements informatiques : ordinateur, imprimante, photocopieur, etc. ;
- Matériel grand public : rasoir électrique, téléphone portable, sèche-cheveux, lecteur vidéo, fer à repasser, ventilateur, etc. ;
- Matériel d'éclairage : tubes et lampes à décharge (tube fluorescent, ampoule sodium, ampoule basses consommation/économique ;

- Outils électriques et électroniques (à l'exception de gros outils industriels fixes) : perceuse ;
- Jouets, équipements de loisir et de sport ;
- Dispositif médicaux (à l'exception de tous les produits implantés et infectés) ;
- Instruments de surveillance et de contrôle ;
- Distributeurs automatiques.

A l'observation de terrain, compte tenu du nombre important des Equipements Electriques et Electroniques, il est difficile d'étudier toutes les catégories et tous les types des DEEE qui existent, c'est ainsi qu'après l'observation de terrain, la présente étude se concentre sur trois (3) catégories d'équipements jugées plus utilisées et visibles à N'Djamena (tableau 2). Il faut ajouter qu'une catégorie de ces déchets nommés dans cette étude, les déchets mixtes sera ajoutée à cette liste car ils sont composés des mêmes déchets mais déjà démantelés.

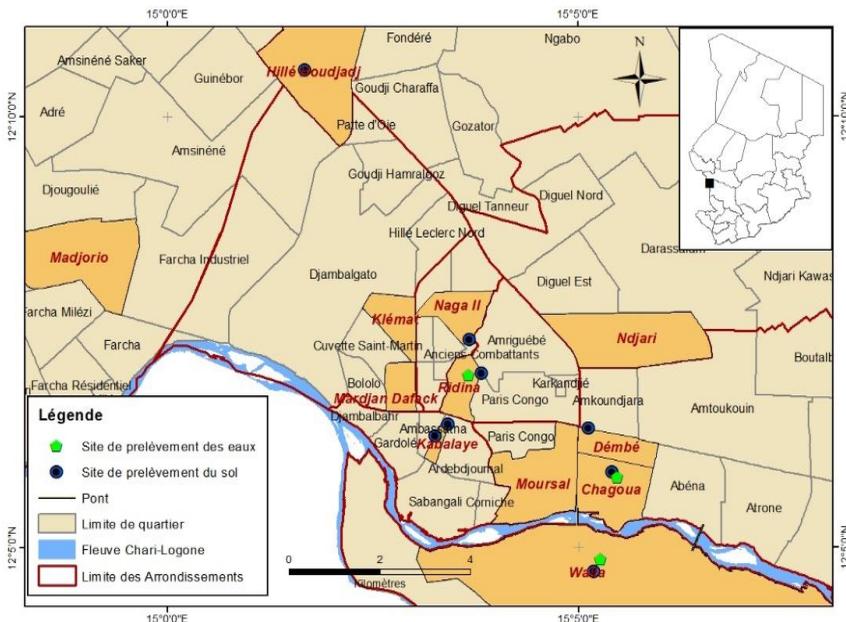
**Tableau 2. Répartition des EEE selon les catégories**

N°	Catégories	Equipements	Caractéristiques
1	Gros appareils électriques	Réfrigérateurs	Réfrigérateurs moyens à un battant
		Congélateurs	Congélateurs moyen vertical
		Réfrigérateurs et congélateurs	Réfrigérateurs et congélateurs à deux battants
2	Equipements informatiques et électroniques	Ordinateurs portables	Ordinateurs portables moyens, écran 14 à 15 pouces
		Imprimantes	Imprimantes laser moyennes
		Photocopieurs	Photocopieurs moyens
3	Matériels grand public	Télévisions	Télévisions à tube cathodiques
		Radio Hi-Fi	Chaines Hi-Fi moyennes
		Ventilateurs	Ventilateurs moyens débout
		Téléphones portables	Téléphones portables ordinaires

Source : Etude sur la gestion des DEEE-Cote d'Ivoire 2011

Ce tableau 2, présente les trois (3) catégories des Equipements Electriques et Electroniques sont effectivement retenues.

Pour déterminer la teneur du mercure dans les sols et les eaux, les sites présentés à la figure 4 ont été prélevés.



**Figure 4. Site de prélèvement des sols et des eaux.**

Source : Donnée de terrain. Koumoubi Krega. 2022. Projection : WGS 84

Les prélèvements des sols (figure 4) se sont passés à la devanture des ateliers dans (6) six de nos quartiers d'étude pris au hasard. Pour les prélèvements des eaux, ce sont des échantillons prélevés à la devanture de deux (2) ateliers de deux (2) quartiers mais choisis parce que à la devanture de ces ateliers, il y a des caniveaux dans lesquels on pourrait prélever l'eau à analyser (figure 5). Le sol témoin et l'eau témoin ont été prélevés en dehors des ateliers mais dans un quartier faisant l'objet de cette étude.

### 3.2. Matériels

Pour ce travail, le GPS GARMIN est utilisé pour relever les coordonnées géographiques des ateliers de réparation et les sites de prélèvement. Les points GPS ont donc été spatialisés grâce au

logiciel SIG pour la réalisation des cartes. Le logiciel SIG Arc GIS Version 10.6.1 a permis de faire les travaux cartographiques.

Pour les collectes des échantillons des sols et de l'eau, des matériels suivants ont permis d'identifier le mercure dans ces échantillons. Il s'agit pour les prélèvements des échantillons des sols et de l'eau de :

- Des gangs, des cache-nez, des sachets plastiques pour mettre les échantillons des sols prélevés ;
- Une glacière pour conserver les échantillons ;
- Deux motos pour les déplacements ;
- Une spatule qui permet le prélèvement des sols ;
- Des flacons de prélèvement de 250ml pour les échantillons de l'eau ;
- Un marqueur pour les notations ;
- Un GPS pour les coordonnées des points de prélèvement.
- Un tube de 250 ml pour le prélèvement d'échantillon des eaux de caniveaux ;
- Un bécher pour peser l'échantillon de sol.



12°6'27" 14°59'23" Koumoubi Krega, mars 2022

**Photo 2. Prélèvement par un Spatule d'échantillon du sol au quartier Chagoua**

Le prélèvement se fait ici à la devanture d'un atelier de réparation à 8 heures. C'est pourquoi, les portes de l'atelier en bleu au fond de la carte sont encore fermées. A l'aide d'un Spatule, la partie superficielle du sol sont prélevés pour des analyses afin de détecter les ETM dispersés à la devanture de l'atelier.

La même procédure de prélèvement s'est passée pour l'eau (photo 3).



12°4'1" 15°3'43" Koumoubi Krega, mars 2022

**Photo 3. Prélèvement d'échantillon d'eau au quartier Ridina**

Sur cette photo 3, à l'aide d'un tube, l'échantillon de l'eau de caniveau à la devanture de cet atelier de réparation est recueilli. A l'arrière-plan de la photo, des carcasses des télévisions entassées pendant des années par le réparateur. Une fois que les données sont obtenues, il faut passer à l'étape suivante encore plus cruciale qui est le traitement et l'analyse des données.

### **3.3. Analyse au laboratoire**

Les échantillons des sols et des eaux sont analysés au laboratoire pour déterminer la teneur en mercure. Le processus d'analyse s'est passé comme suit.

10 g de sol pour 100 ml d'eau distillée ont été utilisés pour chaque échantillon des sols. Pour les échantillons, les sols superficiels à moins de 5 cm de profondeur ont été recueillis et pour l'eau, c'est dans les caniveaux situés à la devanture des ateliers de réparation que les échantillons ont également été recueillis. L'échantillon d'eau a été conservé dans une glacière afin de le garder sous une basse température et conduit directement au laboratoire. Cet échantillon est analysé 24 heures après ainsi que les échantillons des sols au laboratoire du département de biologie de la Faculté des sciences exacts et appliquées de Farcha (FSEA) de N'Djamena.

L'eau distillée est mélangée avec les échantillons des sols puis bien secouée pour récupérer tous les éléments qui se trouvent dans les sols une fois bien dilués au bout de vingt-quatre (24) heures. Le lendemain, il faut passer au filtrage. Les tubes sont ainsi bien nettoyés avec de l'eau distillée et les matériels suivants sont utilisés pour arriver à obtenir la teneur du mercure dans les sols et dans l'eau.

- Un Erlenmeyer qui est une sorte de verre gradué et utilisé dans les laboratoires pour des mesures ;
- Un ballon fond plat qui est une sorte de verre pour la préparation des solutions des échantillons des sols ;
- Une éprouvette graduée de 250 ml pour diluer la quantité d'eau avec le sol ;
- Un bêcher gradué de 250 ml ;
- Une pincette pour le nettoyage ;
- Des petits entonnoirs, une fiole à vide, un papier filtre. Tout cela, pour la filtration des échantillons.
- Ensuite, un PH mètre pour déterminer le PH de chaque échantillon ;
- Une trousse des réactifs spéciaux pour le mercure utilisé pour l'analyse des échantillons. Ces réactifs sont mélangés avec les solutions des sols et de l'eau afin de déterminer la teneur de mercure et cela pour chaque échantillon.



12°7'39" 15°0'5", Koumoubi Krega, mars 2023

**Photo 4. Dispositif pour l'analyse du mercure dans les échantillons au laboratoire du département de Biologie à la FSEA.**

Sur la photo 4, les échantillons des sols préalablement recueillis sont disposés dans des tubes avant d'être mélangés avec de l'eau distillée et les réactifs.



Koumoubi Krega, mars 2023, 12°7'39" 15°0'5"

**Photo 5. Filtrage des échantillons**

Après avoir mélangé les échantillons des sols avec de l'eau distillée et les réactifs, il est question d'utiliser un entonnoir, un tube de 250 ml puis un papier filtre pour laisser uniquement la solution en eau et retenir les particules des sols. C'est uniquement cette eau recueillie qui fera l'objet de lecture comme sur la photo 6 ci-dessous.



12°7'39" 15°0'5", Koumoubi Krega, mars 2023

**Photo 6. Lecture des résultats sur un colorimètre**

Le chiffre de la teneur peut se lire sur cet appareil appelé colorimètre (photo 6). C'est le résultat cherché pour obtenir la teneur du cuivre.

#### **4. Résultats**

Le cuivre est un métal qui existe de manière naturelle et qui se propage également par phénomènes dits naturels. Aujourd'hui, avec la révolution numérique, l'utilisation du cuivre devient de plus en plus important notamment à travers les activités humaines avec la multiplication des équipements électriques et électroniques de toute sorte. Il peut se trouver dans les mines, les industries et dans les décharges des DEEE. Pour le cas de cette étude, l'interrogation se pose au niveau de l'impact du cuivre sur le sol et sur l'eau.

Cette étude montre dans cette partie que les sols et les eaux de certains quartiers ont une teneur en Eléments Trace Métallique supérieur aux normes de l'OMS et déjà impactés tandis que d'autres ont une teneur inférieure aux normes et donc non impactés. La réglementation internationale de l'OMS fixe la limite de la teneur de chaque métal lourd. Pour le mercure, la réglementation fixe actuellement les limites à 1 µg/l.

#### 4.1. Teneur du Mercure très élevée dans la plupart des sites polluant les sols

Le Mercure est émis par les sources naturelles mais aussi par des activités anthropiques à travers entre autres, la production de l'électricité, les autres secteurs de l'énergie, le traitement des déchets, les chauffages urbains, la mauvaise gestion des DEEE etc. C'est un polluant global se trouvant partout et donc dans les sols également. Ainsi le tableau 3, renseigne sur le pourcentage de la teneur de mercure dans chaque quartier étudié.

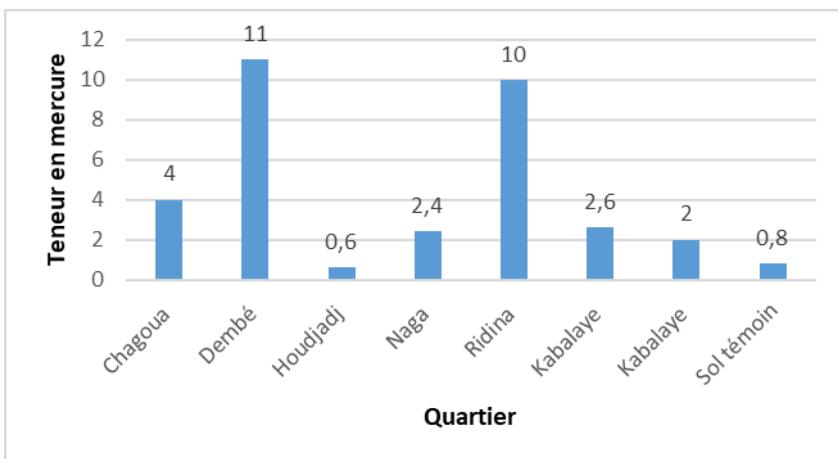
Tableau 3. Pourcentage de la teneur en mercure dans le sol par quartier étudié

N°	Quartier	Teneur	Pourcentage
1	Chagoua	4	11,97
2	Dembé	11	32,93
3	Hilé houdjadj	0,6	1,79
4	Naga II	2,4	7,18
5	Ridina	10	29,94
6	Kabalaye 1	2,6	7,78
7	Kabalaye 2	2	5,98
8	Sol témoin	0,8	2,39
<b>Total</b>		33,4	100

Source : enquête de terrain 2022

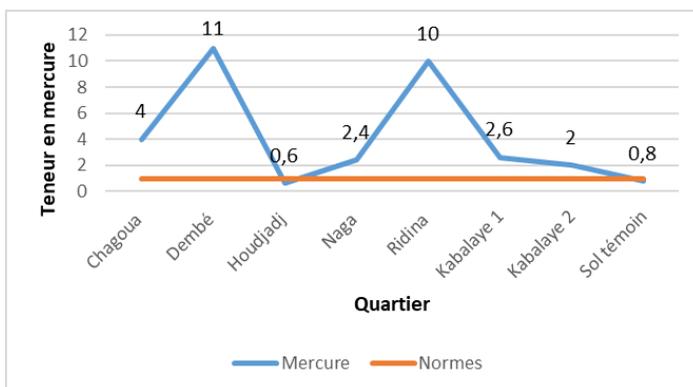
Les pourcentages sur ce tableau 3 montrent la prédominance du quartier Dembé (32,93%) suivi de près par le quartier Ridina (29,94%). Les quartiers kabalaye 1 et Naga II ont chacun 7,78% et 7,18%. Les autres sont les quartiers Kabalaye 2 (5,98%), Ridina (5,35%). Le Sol témoin et le site de Hilé Houdjadj ont chacun 2,39% et 1,79%.

Pour cette étude, les figures 5 et 6 indiquent dans un premier temps la teneur dans les différents sites étudiés et la comparaison avec les normes internationales dans un deuxième temps.



**Figure 5. Teneur en mercure dans les sols des quartiers enquêtés en µg/l.**

Sur cette figure 5, le sol du site du quartier Dembé arrive largement en tête avec une teneur de 11 suivi de Ridina avec 10, Chagoua (4), Kabalaye 1 (2,6), Naga II (2,4), Kabalaye 2 (2). Le sol témoin et Houdjadj clôture avec respectivement (0,8) et (0,6). La comparaison aux normes montre que seuls le sol témoin et le site de Houdjadj sont en dessous de la norme (figure 6).



**Figure 6. Comparaison entre la teneur en mercure dans les sites étudiés et les normes OMS.**

Pour la figure 6, les teneurs en mercure de la plupart des sites étudiés sont au-dessus des normes. C'est le cas de Dembé (11) suivi de Ridina (10), Chagoua (4), Kabalaye 1 (2,6), Naga (2,4). Les sites dont les teneurs sont bien en dessous des normes sont ceux de Houdjadj (0,6) et le site témoin (0,8). Dans le Site de Houdjadj, l'atelier s'occupe uniquement de la réparation des réfrigérateurs. Ce qui signifie que la plupart des ateliers de réparations contaminent les sols car cinq (5) sites sur les sept (7) étudiés ont une teneur de mercure au-dessus de la norme, le cas de Dembé et de Ridina étant même plus inquiétants compte tenu de leur teneur plus élevée.

**Tableau 4. Les moyennes des teneurs du mercure dans les sols des sites étudiés**

N°	Quartier	Mercure
1	Chagoua	4,00µg/l
2	Dembé	11,00µg/l
3	Houdjadj	0,6µg/l
4	Naga II	2,4µg/l
5	Ridina	10µg/l
6	Kabalaye 1	2,6µg/l
7	Kabalaye 2	2,00µg/l
8	Sol témoin	0,8µg/l
	Moyenne	4,17µg/l
	Normes OMS	1µg/l

Source : Analyse de laboratoire, Koumoubi Krega 2022

Le tableau n° 4, indique en jaune les chiffres des teneurs en mercure dans les différents quartiers étudiés qui sont au-dessus des normes internationales. La moyenne du mercure est ici, au-dessus des normes.

En rouge, les normes internationales. En bleu, les moyennes des teneurs de tous les sites de chaque ETM étudiés situées au-dessus des normes.

#### 4.2. Teneur de mercure dans l'eau supérieure dans les sites étudiés

Comme les autres ETM, la quantité excessive du mercure dans l'eau peut être source de contamination de l'eau et partant des êtres vivants. Le pourcentage de la teneur dans l'eau du mercure dans chaque quartier, est présenté dans le tableau 4.

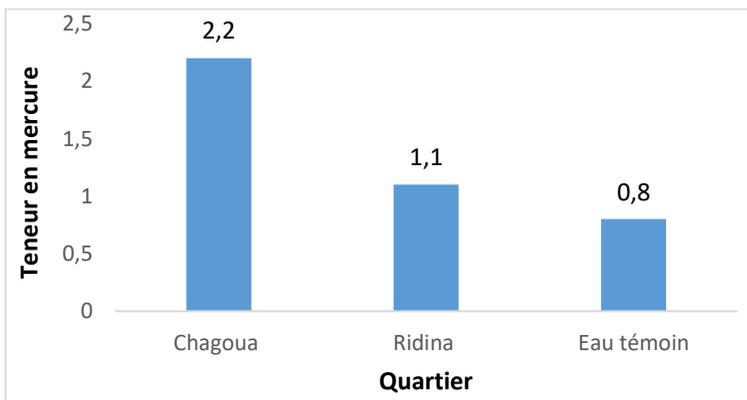
**Tableau 51. Pourcentage de la teneur dans l'eau du mercure dans les sites étudiés**

N°	Sites	Teneur	Pourcentage
1	Chagoua	2,2	53,65
2	Ridina	1,1	26,82
3	Eau témoin	0,8	19,51
Total	Total	4,1	100

Source : enquête de terrain 2022

Dans ce tableau 5, le pourcentage le plus grand est celui de Chagoua avec 53,65. Viennent ensuite celui de Ridina avec 26,82 et de l'eau témoin qui a 19,51.

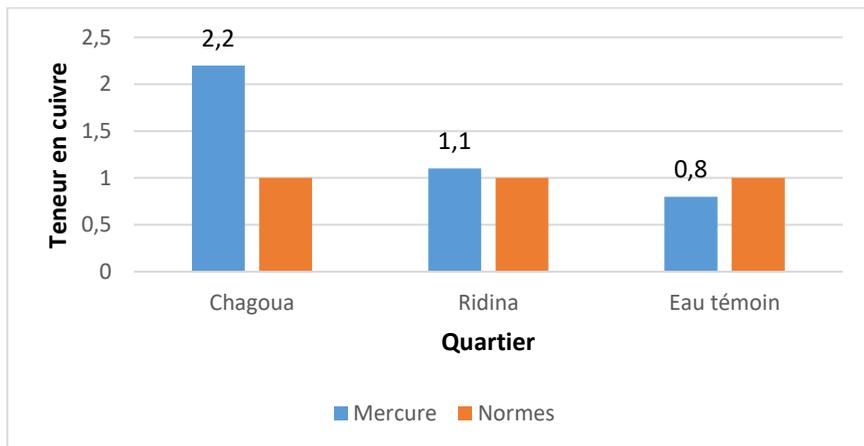
La teneur du mercure dans le cadre de cette étude est supérieure dans deux (2) de trois (3) sites étudiés (figure 7).



**Figure 71. Teneur en mercure dans les eaux des sites étudiés en µg/l.**

Sur la figure 7, le mercure présente une teneur plus importante à Chagoua avec 2,2 qu'à Ridina 1,1 ou dans l'eau témoin 0,8. Mais,

Chagoua et Ridina ont tous les deux des teneurs supérieures à la norme (figure 8).



**Figure 8. Comparaison entre la teneur en mercure dans les sites étudiés et les normes.**

La teneur du mercure à Chagoua (2,2) sur cette figure 8, est largement supérieure à la norme qui est de 1. L'échantillon d'eau ici, est prélevé devant un atelier de réparation des télévisions. Au quartier Ridina également, l'eau est prélevée devant un atelier de réparation de télévision, de stabilisateur et de radio et la teneur est légèrement supérieure à la norme (1,1). Seule l'eau témoin est en dessous de la norme (0,8).

## Discussion

La moyenne du mercure dans le sol et dans l'eau à la devanture des ateliers de réparation à N'Djamena est au-dessus de la norme. Le mercure risque de contaminer tous les sols de N'Djamena. Mbadbral (2018, p. 68) affirme que la pollution des sols à N'Djamena est liée aussi aux zones préalablement remblayés avec les ordures et des dépressions où se sont accumulés les débris. Le même auteur conclue que les particules nocives issues des déchets polluent le sol et l'eau et ont des effets néfastes sur la santé des populations (p. 304). Le prélèvement des sols et des eaux à la devanture des ateliers de

réparation ainsi que les prélèvements témoins permettent également de dissiper tout doute sur l'impact du cuivre issu des DEEE sur les sols et l'eau. Selon J.F. Thomassin et S. Touze (2003, p.4), le comportement du mercure dans l'air, les sols et les eaux, est influencé par les apports anthropiques. Il se trouve que le mercure devrait circuler librement pendant des années sans avoir des impacts sauf sur les sols et les eaux. C'est le point de vue de Ian Marnane, expert de l'Agence Européenne pour l'Environnement (2018, p.1) qui déclare que Le mercure est un élément présent à l'état naturel dans l'environnement, mais il est généralement contenu dans les minéraux, où il ne présente aucun danger important. Le problème provient des activités humaines : celles-ci entraînent le rejet de grandes quantités de mercure dans l'environnement, qui peuvent alors circuler librement pendant des milliers d'années. La principale source de préoccupation est le mercure présent dans l'eau et les sédiments, car il se présente sous une forme extrêmement toxique et peut être facilement ingéré par les animaux, se frayant ainsi un chemin dans la chaîne alimentaire humaine.

En Côte d'Ivoire, les pratiques usuelles des acteurs du démantèlement sont de se débarrasser de parties sans valeur dans la lagune ou de les déposer également en des points de chute des ordures ménagères. Ces pratiques engendrent la pollution de la lagune et entraîne la bioaccumulation qui constitue une menace réelle (Rapport technique du diagnostic sur la gestion des DEEE, 2011).

Du côté des échantillons d'eau faisant l'objet de cette étude justement, le mercure présente une teneur plus importante à Chagoua (2,2 µg/l) qu'à Ridina (1,1 µg/l) ou dans l'eau témoin 0,8 µg/l. Chagoua et Ridina ont donc tous les deux des teneurs supérieures à la norme. Ce qui signifie que les eaux à la devanture des ateliers sont polluées et qui sont susceptible de contaminer l'environnement de la ville à travers le ruissellement des eaux, la température ou la circulation des vents. Des mesures allant dans le sens d'une gestion appropriée des ETM des DEEE y compris le mercure devrait éviter la contamination à grande échelle car avec

la révolution technologique, ces déchets constituent une bombe à retardement pour l'environnement mondial. C'est dans ce sens par exemple que M. Ian Marnane (2018, p.3) estime que L'Europe a toujours été un grand utilisateur et un grand émetteur de mercure. Cependant, grâce à d'importantes mesures législatives appliquées au cours des quarante (40) dernières années, l'utilisation du mercure et les rejets dans l'environnement ont considérablement diminué.

## **Conclusion**

Tout porte à croire que, les ETM issus des déchets d'équipements électriques et électroniques sont dangereux pour l'environnement en général s'ils sont mal gérés. Ainsi, les résultats, montrent que la teneur en mercure issu de ces DEEE dans les sols et les eaux des sites étudiés sont au-delà de la norme. Ce qui suppose que ces sols et eaux sont contaminés confirmant l'hypothèse. Le degré de contamination varie d'un site à un autre. C'est pourquoi, les sols des quartiers Dembé et Ridina ont une teneur de mercure plus élevée que les quartiers Chagoua, Kabalaye ou Naga II sauf le sol témoin et le quartier Hilé houdjadj et le sol témoin sont en dessous de la norme, donc non contaminés. Pour le cas des eaux, les deux sites étudiés à savoir les sites des quartiers Ridina et Chagoua, ont la teneur du mercure au-dessus de la norme sauf l'échantillon témoin de l'eau qui respecte la norme. En général, le mercure est au-dessus des normes et peut contaminer l'ensemble des sols et des eaux de la ville de N'Djamena. Une réflexion sur un mode plus efficace de la gestion des Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques s'impose.

## **Bibliographie**

ConsoGLOBE, média en ligne « les déchets dangereux, Piles et accumulateurs », du 9 octobre 2009.

Diomaye DIENG, Cheikh DIOP, El hadji Mamadou SONKO, Jean Birane GNING « Gestion des déchets électriques et électroniques (DEEE) au Sénégal : acteurs et stratégie d'organisation de la filière », 2017.

Directive 2002/96/CE du Parlement européen et du Conseil du 27 janvier 2003 relative aux déchets d'équipements électriques et électroniques (DEEE). Secrétariat de la Convention de Bâle DEEE en Afrique : état des lieux, juin 2012. 52p.

Florence ROUSSEL « Afrique : 15% des DEEE sont importés (<https://m.actu.environnement.com> (15 février 2012), consulté le 20/06/2021

Ian MARNANE, expert de l'Agence Européenne pour l'Environnement, édition 03/2018 de l'AEE publié le 17/10/2018, consulté le 03/06/2018.

J. F. THOMASSIN et S. Touze FR « Le mercure et ses composés. Comportement dans les sols, les eaux et les boues de sédiments » Rapport final, BGRM/RP-51890- FR, 2003. 121 pages, « les cahiers du développement durable-outil complet » <https://www.fostplus.be> consulté le 11/06/2021

Marie DOUGLAS (1967) « De la souillure : essai sur les notions de pollution et tabou ». Collection la découverte

Médiaterre (2012). Déchets électronique : l'Afrique étouffe, <https://www.mediaterre.org> du 21/02/2012 consulté le 11/06/2021

Médiaterre, Système d'Information Mondial Francophone pour le Développement Durable dans « Déchets électronique : l'Afrique étouffe », (<https://www.mediaterre.org> du 21/02/2012 consulté le 12/06/2021

Naskida MBATBRAL, 2018 « Evaluation des impacts des déchets ménagers sur l'eau, le sol et la santé humaine : cas de la ville de N'Djamena (Tchad) »

O. MEGRET *et al*, Rapport final de RECORD, juin 2014. 120 p.

Pierre Bourdieu, 1972 « La théorie de l'habitus »

Rapport de l'ONU (2012) « DEEE ? ou en sommes-nous en Afrique ? [mediaterre.org](https://www.mediaterre.org) (consulté le 20/06/2021

**KOUMOUBI KREGA**, *Contamination du mercure issu des DEE sur les sols et les eaux à N'Djamena*

Vanessa FORTI et al « Suivi des déchets d'équipements électriques et électroniques à l'échelle mondiale pour 2020 : quantité, flux et possibilités offertes par l'économie circulaire, 123 p. »