



Available online at <http://www.ifgdg.org>

Int. J. Biol. Chem. Sci. 17(5): 2102-2114, August 2023

ISSN 1997-342X (Online), ISSN 1991-8631 (Print)

**International Journal
of Biological and
Chemical Sciences**

Original Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Etude de l'impact des déchets solides du Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets sur la qualité de l'eau des forages situés sur le site de Polesgo au Burkina Faso

Nafissatou SAWADO¹, Yacouba SANOU^{2*} et Samuel PARE²

¹Science and Technology Laboratory, Aube-Nouvelle University/Ouagadougou, Burkina Faso.

²Laboratory of Analytical, Environmental and Bio-Organic Chemistry, University Joseph KI-ZERBO, Burkina Faso.

*Corresponding author; E-mail: prosperyacson@gmail.com

Received: 08-06-2023

Accepted: 21-08-2023

Published: 31-08-2023

RESUME

Dans la gestion des déchets solides dans la ville de Ouagadougou, l'enfouissement et le traitement des déchets sur le site de Polesgo pourrait entraver la composition des ressources en eau à proximité du site de traitement. Dans le but d'évaluer cette possible pollution, il est important d'étudier l'impact du processus de traitement des déchets sur la qualité de l'eau des trois forages du site de Polesgo. L'objectif de cette étude était d'évaluer la composition de l'eau à travers des échantillons d'eau collectés des forages du site de Polesgo et analysés en utilisant des méthodes standards. Les résultats ont révélé que le pH, la conductivité, et la température ont des valeurs conformes aux normes de potabilité de l'organisation mondiale de la santé (OMS). Les analyses au laboratoire ont indiqué que les sulfates et les nitrates sont prédominants dans les forages avec des concentrations maximales respectives de 11,80 et 17,10 mg/L. Il était noté la présence d'éléments minéraux tels que le calcium, le magnésium, le sodium. Concernant les éléments traces métalliques, il a été décelé la présence de l'aluminium, du fer, le manganèse, le vanadium, le baryum et le strontium dont les teneurs étaient conformes aux normes OMS excepté l'aluminium dans le forage A avec une concentration élevée de 0,387 mg/L. Les analyses microbiologiques ont montré la présence de coliformes totaux, fécaux et des streptocoques qui dénote une pollution bactériologique d'origine humaine ou animale. Ces forages ont indiqué un risque élevé pour la santé humaine.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés : Analyse physico-chimique, eau souterraine, élément trace métallique, microbiologie, sels minéraux.

Study of the impact of solid wastes from the Waste Treatment and Recovery Center on the quality of the water from boreholes located on the Polesgo site in Burkina Faso

ABSTRACT

In the management of solid wastes in Ouagadougou City, landfilling and treatment of wastes on the Polesgo site could hinder the composition of water resources close to the treatment site. In order to assess this possible pollution, it is important to study the impact of the waste treatment process on the water quality of the three boreholes at the Polesgo site. The objective of this study was to evaluate the composition of the water of

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

9443-IJBCS

DOI : <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v17i5.27>

the boreholes. Water samples were collected from boreholes at the Polesgo site and analyzed using standard methods. Results revealed that the pH, conductivity, and temperature have values in line with World Health Organization (WHO) potability standards. Laboratory analyzes indicated that sulfates and nitrates are predominant in the boreholes water with respective maximum concentrations of 11.80 and 17.10 mg/L. It was noted the presence of mineral elements such as calcium, magnesium, sodium. Concerning metallic trace elements, the presence of aluminum, iron, manganese, vanadium, barium and strontium was detected, the contents of which complied with WHO standards except for aluminum in borehole A with a high concentration of 0.387 mg/L. Microbiological analyzes showed the presence of total and faecal coliforms and streptococci which denotes the bacteriological pollution due to human or animal origin. These boreholes presented a high risk to human health.

© 2023 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Physico-chemical analysis, groundwater, metallic trace element, microbiology, mineral salts.

INTRODUCTION

La ville de Ouagadougou fortement peuplée de plus de deux millions d'habitants (INSD, 2012) produit plus de six cent mille (600 000) tonnes de déchets par an (DSPH, 2018). On y stocke trois types de déchets : les déchets ménagers, les déchets industriels banals et les déchets biomédicaux. Pour le stockage et le traitement de ces déchets solides, le Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets (CTVD) a été créé pour l'Etat burkinabè. Afin de préserver l'environnement et protéger les eaux souterraines en l'occurrence celles de la nappe phréatique et la santé publique, un système d'étanchéité a été mis en place lors de l'aménagement du site entre 2000 et 2003 (Dessau-Soprin, 2000). Ce système consiste à mettre en place une couche d'argile très bien compactée suivie d'une couche de sable drainant et la pose d'une géomembrane au fond des bassins d'enfouissement des déchets et des bassins de lixiviat. Après plus d'une décennie d'exploitation du site sans contrôle de la qualité des eaux souterraines, nous avons voulu investiguer l'impact du traitement des déchets sur la qualité des eaux dans les forages du site de Polesgo à partir des paramètres physico-chimiques et microbiologiques ainsi que les teneurs en métaux lourds. Sur le site de Polesgo, il existe trois (03) forages fonctionnels à proximité du centre de traitement des déchets et cette proximité des forages permet d'avoir une connaissance sur la qualité des eaux en rapport avec l'exploitation du site.

L'objectif général de cette étude était d'évaluer la qualité des eaux des forages fonctionnels sur le site de Polesgo en termes de présence ou non de métaux lourds ou d'organismes microbiologique. Pour ce faire, les paramètres physiques, chimiques, microbiologiques et la teneur en éléments traces métalliques dans les eaux de forages du site ont été déterminés et comparés aux normes de l'OMS afin de conclure sur la qualité des eaux.

MATERIEL ET METHODES

Présentation de la zone d'étude

Le site de Polesgo situé entre les latitudes 12°25'8.07 "N et 12°25'54.00 "N et les longitudes 1°30'41.23 "W and 1°31'11.82 "W dans le climat soudano-sahélien se trouve à Polesgo, un quartier périphérique de la ville de Ouagadougou (Figure 1). Le site est situé dans la zone intermédiaire entre les zones à forte pluviométrie (supérieure à 900 mm de pluie par an) et les zones à pluviométrie faible (inférieure à 600 mm de pluie par an). La pluviométrie moyenne annuelle dans le temps et dans l'espace de la ville de Ouagadougou détermine un climat tropical chaud et peu humide (Yaméogo, 2008). A l'échelle annuelle de répartition de la pluie, on distingue quatre périodes thermiques bien tranchées : une période fraîche et sèche, une période chaude et sèche, une période chaude et humide, et une période humide et fraîche. Dans la zone d'étude, on distingue deux saisons nettement réparties : une saison pluvieuse de Mai à Septembre et une longue saison sèche qui s'étend de Octobre à Avril. La température est

un paramètre climatique important. Les périodes fraîches sont enregistrées au cours de Décembre à Février et en Août (on y enregistre le maximum des pluies) ; les périodes chaudes sont enregistrées en Mars, Avril et en Novembre. La température est un paramètre important car elle influence la vitesse des réactions chimiques. Les hautes températures peuvent atteindre 40°C pendant les mois d'Avril et Mai. Quant aux basses températures, elles avoisinent 24,6 °C en Janvier. En plus de la pluie, l'humidité relative constitue un paramètre clé dans les processus d'oxydoréduction. Plus la température est élevée, plus l'humidité relative est faible et plus nous assistons à la décomposition et la fermentation des déchets. Les faibles valeurs d'humidité sont relevées entre Janvier et Mars, correspondant aux mois les plus secs de l'année. Les fortes valeurs de l'humidité s'observent entre Juillet et Septembre avec des valeurs autour de 95% (Yaméogo, 2008).

Contexte hydrogéologique de la zone d'étude

A l'échelle de la zone d'étude, le terrain naturel présente une topographie plutôt plane avec des dénivellations pouvant atteindre un maximum de 10 mètres. Certaines déformations du terrain naturel dues aux activités anthropiques (la hauteur des bassins d'enfouissement des ordures ménagères) de l'ordre de 4 à 5 mètres ont été observées localement. Le relief est une pénéplaine dominée par des plateaux latéritiques. On a donc une monotonie générale du relief avec des pentes peu marquées et des altitudes comprises entre 315 et 305 m. La géologie de la zone d'étude est essentiellement constituée par les formations du socle Paléoproterozoïque. Ce sont les formations du plutonisme éburnéen formées lors de l'orogénèse éburnéenne qui est une période de granitisation avec des intrusions de batholites organisées en deux grands ensembles (Dessau-Soprin, 2000). Différents ensembles hydrogéologiques et de modes de gisement des eaux souterraines peuvent être définis dans la zone d'étude. L'écoulement général de la nappe se fait du Nord-Est (CTVD) vers le Sud-Ouest (zone loti) parallèlement à l'écoulement superficiel des

eaux de surface (Alkhibra, 2018). Cela pourrait impacter fortement la qualité des eaux souterraines dans la zone avec une forte augmentation des matières dissoutes ou en suspension et de la conductivité électrique. Le site est le point de divergence de ces eaux dont le sens d'écoulement est indiqué par la Figure 2.

Echantillonnage

Les prélèvements ont été effectués autour de 10 h suivant trois campagnes: une campagne entre Mars et Avril 2021 (notée CP1), une autre entre Juillet et Août 2021 (CP2) et une dernière campagne entre Novembre et Décembre 2021 (CP3) sur le site du centre d'enfouissement technique de Polesgo. Les échantillons d'eau ont été prélevés dans les trois forages que dispose le site de Polesgo après flambage du robinet durant l'année 2021. Des flacons stériles en verre borosilicatés de 500 mL ont été utilisés pour les paramètres microbiologiques et des flacons plastiques de 1 L pour les analyses physico-chimiques. Avant de prélever les échantillons d'eau, les forages ont été désinfectés et pompés pendant 10 minutes afin d'avoir une eau de source. L'échantillonnage d'eau est une opération délicate à laquelle le plus grand soin doit être apporté, ce qui conditionne les résultats analytiques et leur interprétation. En effet, les résultats de l'analyse ne seront exploitables que si le prélèvement a un caractère représentatif avec des échantillons étaient homogènes et obtenus dans le stricte respect des règles de prélèvement sans en modifier les caractéristiques. Les échantillons ont été collectés sur trois forages FA, FB, FC et les points de prélèvement d'eau ont été géoréférencés à l'aide d'un GPS Garmin (GPSmap 60CSx). Les échantillons ont été ensuite conservés à 4°C dans l'obscurité pendant le transport au laboratoire,

Caractérisation des échantillons d'eaux

La température, le pH et la conductivité électrique ont été mesurés respectivement in situ avec un pH-mètre (pH522) et un conductimètre (HACH 44600). Le pH a été mesuré en utilisant le pH-mètre WTW SET1

3310 muni d'une électrode, selon la méthode AFNOR T 90-08. Pour déterminer la conductivité des échantillons d'eaux, un conductimètre portatif 3310 SET1 associée à une électrode, par plongée a été utilisé selon la méthode AFNOR 90-031. Un turbidimètre portatif EUTCH TN-100 a été utilisé pour évaluer la turbidité par la méthode standard AFNOR EN ISO 7027-1.

L'analyse des paramètres chimiques tels que les nitrates, nitrites, fluorures, ammonium, sulfates, ortho phosphates, et fer total a été effectuée par calorimétrie en utilisant un spectrophotomètre à flamme. Quant aux éléments traces métalliques (ETM), ils ont été analysés par spectrophotométrie à flamme. Les composés azotés tels que les nitrates (NO_3^-), les nitrites (NO_2^-) et l'ammonium (NH_4^+) ont été déterminés par la méthode HACH (HACH 2005) avec un spectrophotomètre DR3900. En effet, le réactif de Nitriver 5 a été utilisé pour analyser les nitrates (Méthode HACH 8171), le réactif de Nitriver 2 pour les nitrites (méthode HACH 8039) et le réactif de Nessler pour le NH_4^+ (Méthode HACH 8155). Les ortho phosphates ont été analysés par la méthode HACH 8048 (HACH 2005) à l'aide

du spectrophotomètre DR3900. La concentration des sulfates dans l'eau a été déterminée par la méthode HACH 8051 (HACH 2005) au spectrophotomètre DR3900. Les fluorures ont été mesurés après ajout de 5 mL du réactif de SPADNS dans une cuve contenant 25 mL d'échantillon suivant la méthode HACH 8029 (HACH 2005). L'analyse du potassium (K^+) et du sodium (Na^+) a été effectuée à l'aide d'un spectrophotomètre à flamme JENWAY PFPT suivant la norme NFU 44-051, après filtration des échantillons. Les métaux et métalloïdes ont été analysés en utilisant la norme européenne NF EN ISO 11885 de 1998. Cette méthode consiste à mesurer l'émission atomique par une technique spectroscopique optique à Plasma.

Quant aux paramètres microbiologiques, la méthode employée est la filtration sur membre cellulosique par rampe de filtration pour les eaux de forage (Rodier, 2009). La filtration de l'eau sur membrane a été une étape préalable. Les coliformes fécaux et totaux ont été ensemencés sur le milieu Chromocult Coliforms Agar et les Streptocoques fécaux sur Chromocult Enterococci Agar.

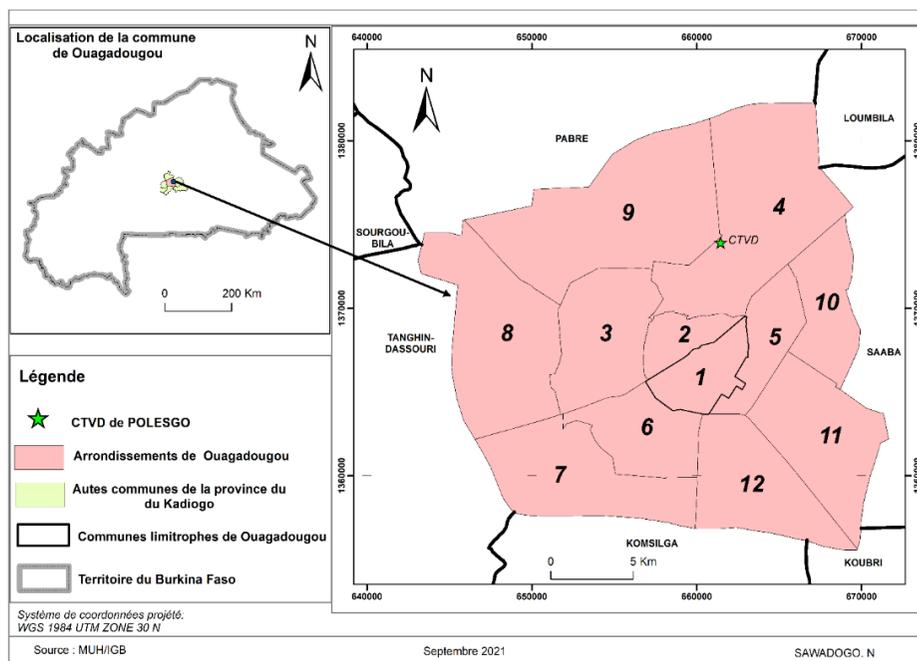


Figure 1 : Carte de Ouagadougou avec localisation du site de Polesgo.

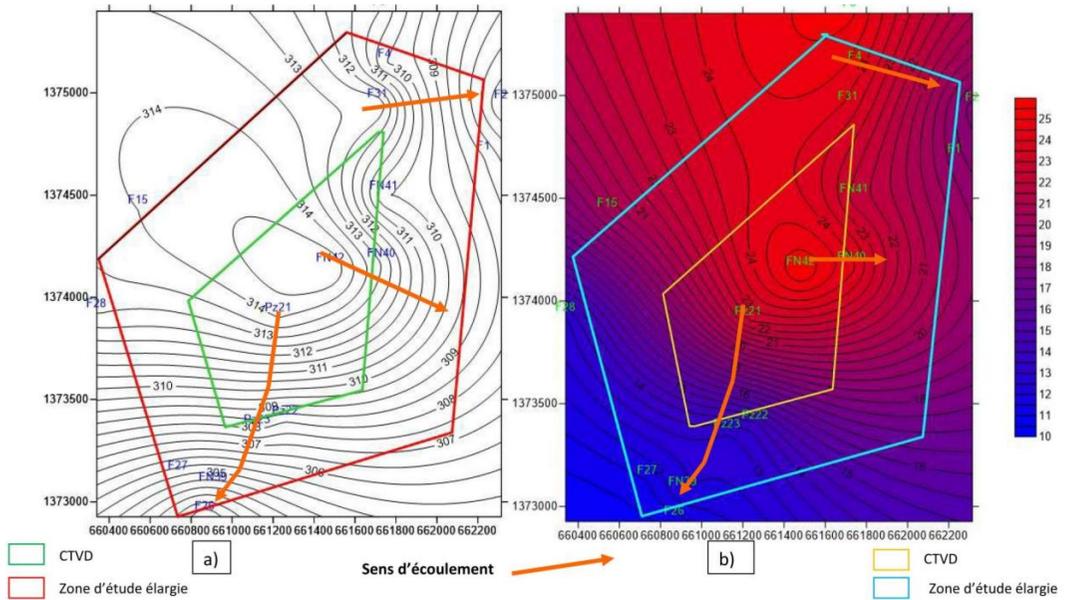


Figure 2 : Sens d'écoulement des ressources en eau dans la zone d'étude, a- Sens d'écoulement des eaux superficielles, b-sens d'écoulement des eaux souterraines.

RESULTATS

Paramètres physiques

Ces paramètres sont constitués de la température, du pH, la conductivité électrique et la turbidité dont les valeurs sont consignées dans le Tableau 1. Pour connaître la saturation de la surface des eaux dans les forages, nous avons mesuré la température de l'eau dans chaque forage. Les valeurs des températures des trois forages durant les campagnes d'échantillonnage étaient de 25,5°C pour FA, de 25,5 à 24,1°C pour FB et de 25,5 à 25,4°C pour FC. Le Tableau 1 renferme les valeurs quantitatives de la température dans les trois forages.

La conductivité électrique est un paramètre physique qui permet de prévoir la forte présence des ions (sels minéraux) dans une eau. Ainsi, les valeurs obtenues lors des analyses sont données dans le Tableau 1. Il en ressort que les eaux renfermaient une conductivité variant de 304 à 389 µS/cm dans les trois forages.

Les valeurs obtenues du pH sont consignées dans le Tableau 1. Les valeurs du pH sont de 7,4 pour FA, 7,26 pour FB et 6,66 pour FC. Ces résultats ont indiqué que le pH de

l'eau du forage A est constant (pH = 7,4) tandis que le forage C est acide (pH=6,66) durant les trois campagnes de prélèvement.

Les analyses de la turbidité ont permis d'obtenir les valeurs consignées dans la Figure 6. Ainsi, la turbidité du forage A varié de 0,21 à 0,52 NTU. Pour le forage B, elle est de l'ordre de 0,99 à 1,2 NTU et de 0,16 à 0,99 NTU pour FC. Notons que ces turbidités connaissent une légère augmentation pendant la période de Mars Avril (CP2).

Les paramètres des eaux souterraines peuvent être modifiés par le lixiviat stocké au niveau des bassins : le lixiviat étant très chargé avec des pH et conductivité très élevés, elle peut être à l'origine d'un pH très élevé et d'une conductivité élevée des eaux souterraines. Si ces paramètres sont supérieures aux normes de potabilité de l'OMS, cela indiquerait une probable pollution de ces eaux. Des valeurs élevées du pH et la conductivité sont synonymes d'une forte minéralisation des eaux. Par contre, une forte turbidité est synonyme d'une importante quantité de matières en suspension.

Paramètres chimiques

Ces paramètres renferment les anions majeurs tels que les nitrates, les fluorures, les sulfates et les phosphates. Les valeurs des paramètres chimiques ont permis de construire la Figure 3. La teneur en nitrites des eaux des forages variait entre 0,015 et 0,051 mg/L, ces valeurs sont bien inférieures à la norme de l’OMS (3 mg/L). Quant aux sulfates, ils variaient entre 5 et 11,8 mg/L. L’analyse des fluorures a montré une teneur variante entre 0,089 et 0,3 mg/L. Les ions ammonium et nitrites étaient quasi inexistantes avec des teneurs de l’ordre de 0,08 et 0,05 mg/L respectivement.

Eléments minéraux

Les analyses de la teneur en calcium et en magnésium indiquent la dureté totale de l’eau. La Figure 4 représente les résultats obtenus (teneurs en éléments minéraux). Notons que le sodium était en faible présence dans les échantillons d’eau durant toutes les campagnes. La teneur en sels minéraux dans tous les échantillons variait de 3,10 à 40,03 mg/L. Le silicium et le calcium étaient les sels prédominants dans les eaux avec des concentrations de 38,51 mg/L pour le silicium et 31,20 mg/L pour le calcium pendant la période chaude (Mars-Avril). Les concentrations étaient légèrement plus élevées pendant la période chaude, celle de Mars- Avril pour tous les éléments.

Eléments traces métalliques

Les éléments traces métalliques sont les métaux lourds présents dans les eaux des forages du site de Polesgo. L’analyse de ces éléments a donné les résultats qui sont représentés dans la Figure 5 . Les éléments chimiques présents étaient l’aluminium (Al), le baryum (Ba), le fer (Fe), le manganèse (Mn), le vanadium (V) et le strontium (Sr). Les concentrations en fer et en manganèse variaient entre 0,026 et 0,92 mg/L pour le fer et entre 0,01 et 0,087 mg/L pour le manganèse. Les valeurs de l’aluminium allaient jusqu’à 0,387 mg/L dans l’eau du forage A. Le strontium était très présent dans les trois forages avec des valeurs comprises entre 0,24 et 0,75 mg/L.

Paramètres microbiologiques

Les analyses microbiologiques ont donné les résultats représentés par la Figure 6. Il en ressort que les eaux des trois forages contenaient des germes pathogènes représentant un risque pour la santé humaine. Ces germes présents étaient les coliformes totaux (CT), fécaux (CF) et les streptocoques fécaux (SF). Ainsi, des teneurs de CT entre 8 et 351 UFC/mL ont été observées dans les 3 forages. Seul le forage B avait une concentration en CT inférieure à 100 UFC/mL tout au long des campagnes de mesure. Dans les forages, les streptocoques fécaux avaient une concentration variant de 1 à 601 UFC/mL. Une absence de *E. Colis* a été remarquée dans tous les échantillons d’eau durant la campagne de prélèvement.

Table 1 : Valeurs des paramètres physiques des eaux de forages du site de Polesgo.

| Forage | Température (°C) | | | Conductivité (µS/cm) | | | Turbidité (NTU) | | | pH | | |
|----------|------------------|------|------|----------------------|-----|-----|-----------------|------|------|------|------|------|
| | CP1 | CP2 | CP3 | CP1 | CP2 | CP3 | CP1 | CP2 | CP3 | CP1 | CP2 | CP3 |
| A | 25,5 | 25,5 | 25,5 | 304 | 309 | 299 | 0,28 | 0,32 | 0,21 | 7,4 | 7,4 | 7,4 |
| B | 25,5 | 25,5 | 25,5 | 325 | 331 | 319 | 0,99 | 1,2 | 0,81 | 7,26 | 7,26 | 7,26 |
| C | 24,1 | 24,1 | 24,1 | 377 | 389 | 351 | 0,16 | 0,22 | 0,91 | 6,66 | 6,66 | 6,66 |

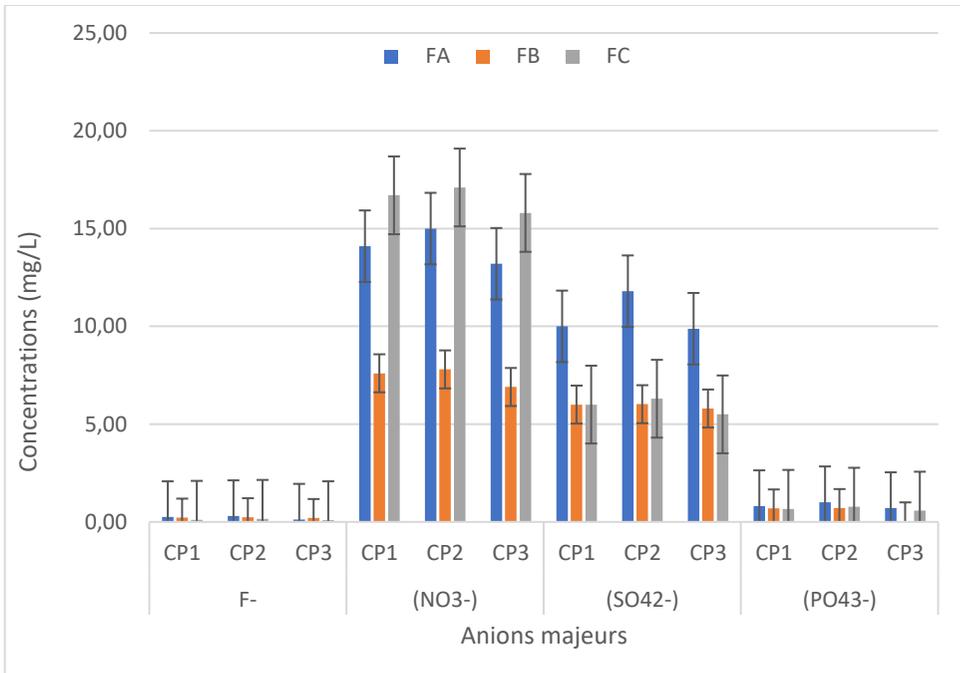


Figure 3 : Concentrations des ions dans les eaux sur les 3 campagnes de mesure.

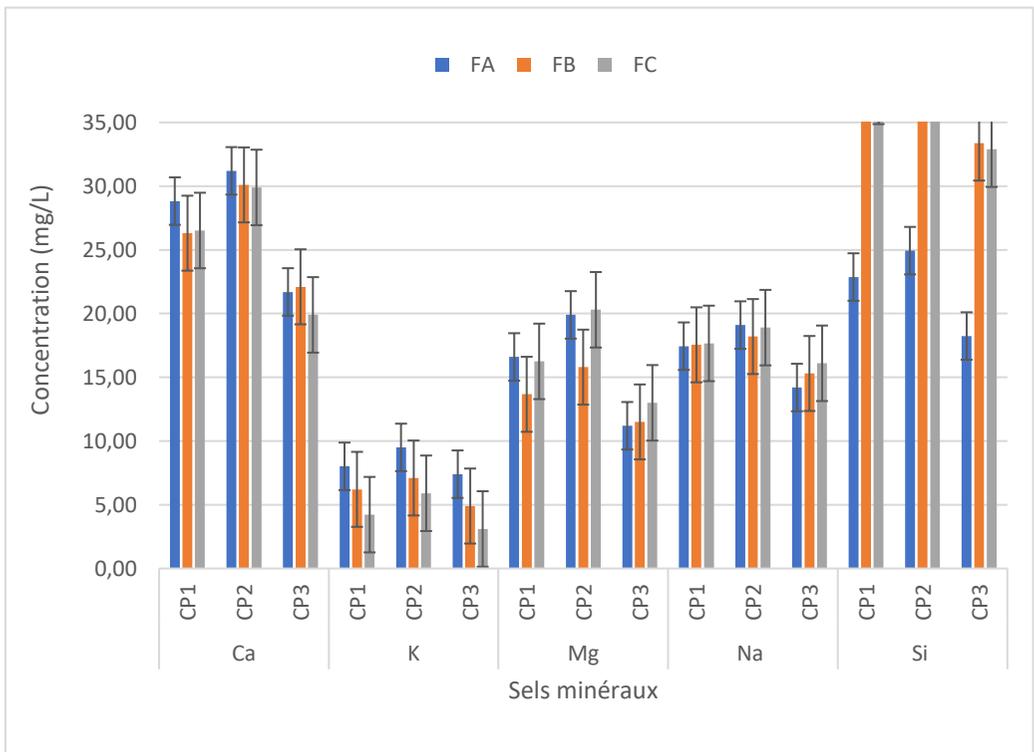


Figure 4 : Teneurs des sels minéraux lors des trois campagnes.

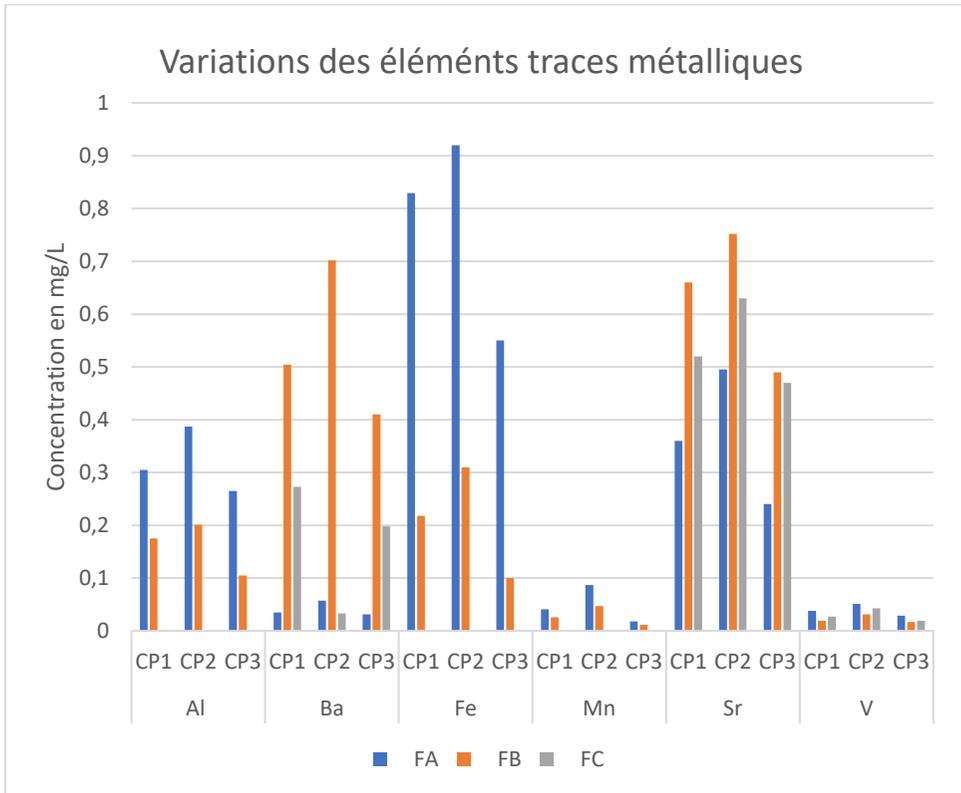


Figure 5 : Concentrations en éléments traces métalliques dans les eaux de forage.

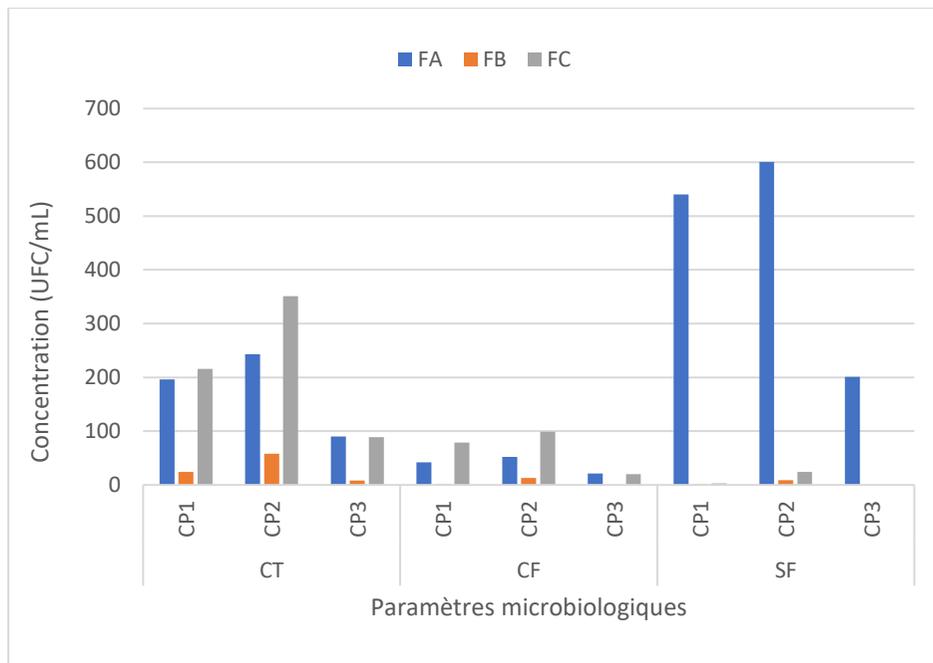


Figure 3 : Teneurs des paramètres microbiologiques au cours des campagnes de mesure.

DISCUSSION

La température est très déterminante car elle agit dans les procédés chimiques et les activités microbiennes (IBGE, 2005). Les températures des trois forages sont de l'ordre de 25°C. et ces valeurs n'excèdent pas la norme de potabilité en température fixée par l'OMS qui est de 30°C (OMS, 2006). Nos résultats sont similaires à ceux des eaux souterraines de Biskra en Algérie (Bouchemal et Achour, 2015).

Le pH des échantillons d'eau de forage variant entre 6,6 et 7,40 ne représente aucun danger pour la santé humaine (OMS, 2011). L'acidité est un problème pour les consommateurs dans la mesure où une eau acide peut devenir riche en métaux lourds suite à la corrosion des matériaux (Eblin et al., 2014) et donc constituer une menace pour la santé des consommateurs (Yapo et al. 2023). Il en est de même pour la turbidité et la conductivité dont les valeurs répondent aux normes de l'OMS pour une potable (OMS, 2006). Bien qu'elles soient dans la norme qui est de 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ selon l'OMS, les conductivités sont toutes de même importantes allant jusqu'à 389 $\mu\text{S}/\text{cm}$: elle donne des informations sur la minéralisation de l'eau et la teneur en sels dissous (Ababsa et al., 2013 ; Rodier et al., 2005 ; Mohamed et al., 2008). Dans notre étude, les eaux des forages sont plus ou moins riches en sels dissous. La conductivité détermine la teneur globale des sels minéraux présents dans une solution, une eau douce accusera généralement une conductivité basse et bien au contraire, une eau dite dure affichera une conductivité élevée (Jean Rodier et al., 2005). Avec des maximums de conductivité allant à près de 400 $\mu\text{S}/\text{cm}$, ceci peut s'expliquer par la présence d'éléments d'origine anthropiques (Yaméogo et al., 2013). Les résultats obtenus sur la conductivité sont similaires à ceux trouvés par Adejuwon et Mbuk (2011).

La turbidité mesure le fait que l'eau soit limpide ou trouble, elle révèle un problème de qualité de l'eau si elle est très élevée. Pour les paramètres physiques, les eaux de ces forages ne représentent pas de risque pour la santé.

Les nitrites résultent de la dégradation des organismes végétaux et animaux en milieu aqueux. Très toxique, rapidement et naturellement oxydé en ions nitrates. Les nitrates sont la forme la plus abondante d'azote minéral présente dans l'eau. Les concentrations en nitrates obtenues dans cette étude entre 6 et 17 mg/L pour les trois forages sont inférieures à la norme admissible par l'OMS (40 mg/L). D'une manière générale, les concentrations en éléments chimiques sont plus faibles au cours de la période Juillet-Août durant les trois campagnes. Ces concentrations connaissent une hausse perceptible au cours de la campagne Novembre-Décembre pour atteindre leur pic entre Mars et Avril. Les éléments minéraux dans les eaux sont acceptables comparativement aux valeurs guides de l'OMS.

Les concentrations en éléments minéraux peuvent être dues à la nature du sol car les eaux du socle de Ouagadougou contiennent du sodium, calcium, Magnésium et potassium qui peuvent être libérés avec la silice (Suzanne et al., 2013). Cette faible minéralisation a aussi été obtenue par Lagnika et al. (2014). Le sodium est un élément généralement constant dans l'eau et indépendamment du lixiviat ou de la lixiviation des éléments géologiques et il peut provenir des silicates de sodium ou d'aluminium (Belghiti et al., 2013). Le lixiviat peut contribuer à la présence de ces éléments dans les eaux de forage du site (Gnamba et al., 2016). Cependant, étant donné que les quantités de fer et de manganèse sont faibles, cela peut être liée à la nature du sol (Belle, 2008).

Les valeurs de l'aluminium allant jusqu'à 0,387 mg/L dans l'eau du forage A dépassent la norme fixée par l'OMS (0,2 mg/L). Pour les forages B et C, les teneurs en aluminium respectent la norme de l'OMS. La présence du strontium dans les trois forages avec des valeurs comprises entre 0,24 et 0,75 mg/L ne représente pas de danger pour la santé humaine car la valeur n'excède pas la limite maximale de l'OMS qui est de 7 mg/L pour une eau potable (Santé Canada, 2012). L'absence du plomb, cuivre, nickel et chrome serait due à

leur faible présence dans le lixiviat ou par leur adsorption par les constituants particuliers et organiques du lixiviat et du sol. En effet, lorsque le pH du lixiviats est compris entre 6 et 8, le cuivre se réduit et le plomb présente une forte attirance pour la matière en suspension de l'ordre d'une fixation de 99% (EL Kharmouz et al., 2013). La présence du baryum proviendrait essentiellement de la roche.

La présence des coliformes et streptocoques dénote une pollution bactériologique d'ordre humaine ou animale. La présence des CT dans tous les forages montre une contamination récente par des matières fécales (Chevalier et al., 2003). Les CT sont utilisés comme indicateurs de la qualité microbienne de l'eau car il sont associé à la pollution d'origine fécale et inclus les germes comme les *Escherichia Coli* qui représentent un risque direct pour la santé publique (Benajiba et al., 2013). *Escherichia coli*, l'un de ces coliformes est le meilleur indicateur de contamination (Dovonou et al., 2020). En effet, la contamination de ces eaux par ces germes pourrait être liée à la mauvaise gestion des déchets solides et liquides issus des activités anthropiques (Dovonou et al., 2022). Cela peut être attribué aux bactéries d'origine fécale qui sont souvent transportées dans les milieux aquatiques par le ruissellement (Yapo et al., 2023). Les streptocoques fécaux ont une concentration qui varie de 1 à 601 UFC/mL pour une norme qui devait être de 0 UFC/mL (OMS, 2006). La présence des coliformes thermotolérants est le signe de l'existence quasi certaine de la contamination fécale d'une eau (Bricha et al., 2007). Il est admis que la présence de ces germes thermotolérants dans l'eau, même à des faibles doses, constitue un risque vital pour la santé humaine et animale (Matthieu et al., 2020). Dans les forages du site de Polesgo, la présence de coliformes fécaux et des streptocoques fécaux confirme bien la contamination fécale et la pollution est d'origine fécale (Figarella et Leyral, 2002). De plus, la variation des bactéries est fonction de la campagne de mesure comme indiqué dans les travaux de Bennani et al. (2012). Les sources probables de ces coliformes pourraient être l'infiltration des lixiviats ou des ouvrages

d'assainissement présents aux alentours du site. En effet, l'analyse du lixiviat du site de Polesgo a montré la présence d'une contamination fécale qui laissait savoir qu'il y'avait un dépôt clandestin de déchets destinés aux fosses septiques au niveau des cellules du CTVD (Sawadogo et al., 2022).

Conclusion

Cette étude a permis de connaître la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de forages du Centre de Traitement et de Valorisation des Déchets. Les analyses ont indiqué que les paramètres physiques tels que la turbidité, la conductivité et le pH ont des valeurs respectant les normes de l'OMS. La forte conductivité des eaux avec des maximums de 300 et 389 $\mu\text{S}/\text{cm}$ montre une forte minéralisation de l'eau. Quant aux paramètres chimiques, les analyses ont révélé que les sulfates, nitrates, nitrites, fluorures et ortho phosphates sont présents avec des concentrations acceptables dans les eaux de forage. L'analyse des éléments traces métalliques a montré que les éléments présents dans ces eaux sont l'aluminium (Al), le baryum (Ba), le fer (Fe), le manganèse (Mn), le vanadium (V) et le strontium (Sr). Parmi ces éléments, seul l'aluminium est au-dessus de la norme de l'OMS. Sur le plan microbiologique, les eaux des trois forages représentent une menace pour la santé humaine. En effet, elles contiennent toutes des coliformes totaux, des coliformes fécaux, et des streptocoques fécaux. Par contre, elles ne contiennent pas d'*Escherichia coli*. La présence de ces microorganismes montre une pollution fécale récente d'origine humaine ou animale et peut provenir des déchets enfouis au niveau du site de Polesgo.

CONFLIT D'INTERETS

Les auteurs déclarent qu'il n'y a aucun conflit d'intérêts dans la publication de cette étude.

CONTRIBUTIONS DES AUTEURS

NS : Conceptualisation, conception & expérimentale, réalisation d'expériences et rédaction du draft de l'article (montage du

manuscrit). YS : méthodologie, interprétation des données, supervision et correction scientifique de l'article. SP : Lecture et correction de la langue du manuscrit. Garant scientifique de cette étude.

REMERCIEMENTS

Les auteurs sont reconnaissants à l'Académie Mondiale des Sciences (TWAS) et l'UNESCO pour son soutien financier à travers Individual research grant No RG 22-087 dans la publication de ce manuscrit.

REFERENCES

- Ababsa N, Kribaa M, Addad D, Tamrabet L, Zidi A, Mansouri D. 2013. Evaluation de l'effet d'irrigation avec les eaux usées sur le comportement physique du sol (Algérie). Séminaire International sur l'Hydrogéologie et l'Environnement SIHE., pp. 58-62. <https://dspace.univ-ouargla.dz/jspui/handle/123456789/11726>.
- Adejuwon JO, Mbuk CJ. 2011. Biological and physiochemical properties of shallow wells in Ikorodu town (Lagos Nigeria). *Journal of Geology and Mining Research*, **3**(6): 161-68. <http://www.academicjournals.org/jgmr>.
- Alkhibra. 2018. Etude relative a l'hydrodynamisme de la nappe phréatique du site du ctvd de polesgo, au sens d'écoulement en lien avec les lixiviats et recherche de métaux lourds, (Ouagadougou, Burkina Faso), Direction de la salubrité et de l'hygiène publique, pp. 1-150.
- Belghiti ML, Chahlaoui A, Bengoumi D, El Moustain. 2013. Etude de la qualite physico-chimique et bacteriologique des eaux souterraines de la nappe plio-quadernaire dans la région de Meknès (Maroc). *Larhyss Journal*, **14**: 21-36. <http://larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/viewFile/3/1>.
- Belle E. 2008. Évolution de l'impact environnemental de lixiviats d'ordures ménagères sur les eaux superficielles et souterraines, approche hydrobiologique et hydrogéologique. Site d'étude: décharge d'Étueffont (Territoire de Belfort, France). Thèse de doctorat, Université de Franche-Comté, p.248. <https://theses.hal.science/tel-00400680/>.
- Benajiba MH, Younes S, Abdelilah L, Mustapha A, Nadia A, Ouissal O. 2013. Évaluation de la qualite microbienne des eaux de la nappe phréatique de Martil (Maroc). *Revue des Sciences de l'Eau*, **26**(3): 223-33. DOI: <https://doi.org/10.7202/1018787ar>.
- Bennani M, Hamid A, Abdelkhalek B, Hassan N, Mekki L, Mohamed A, Nozha C. 2012. Influence des Facteurs Environnementaux Sur les Charges des Bactéries Fécales Dans le Littoral Méditerranéen (Maroc). *European Journal of Scientific Research*, **71**(1): 24-35. <http://www.europeanjournalofscientificresearch.com>.
- Bouchemal F, Achour S. 2015. Qualite physico-chimique et parametres de pollution des eaux souterraines de la region de biskra. *Larhyss Journal*, **22**: 197-212. <http://www.larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/view/287/277>.
- Bricha S, Ounine K, Oulkheir S, El Haloui N, Attarassi B. 2007. Etude de la qualité physicochimique et bactériologique de la nappe phréatique M'nasra (Maroc). *Afrique SCIENCE*, **3**(3): 391-404. file:///C:/Users/ENVY/Downloads/61622-Article%20Text-115954-1-10-20101104-1.pdf.
- Chevalier J, Patrick R, Valérie B, Belkacem B. 2003. Environmental assessment of flue gas cleaning processes of municipal solid waste incinerators by means of the life cycle assessment approach. *Chemical Engineering Science*, **58**(10): 2053-2064.

- DOI: [https://doi.org/10.1016/S0009-2509\(03\)00056-3](https://doi.org/10.1016/S0009-2509(03)00056-3).
- Dessau-Soprin. 2000. Schéma directeur de gestion des déchets dans la ville de Ouagadougou ». (Ouagadougou, Burkina Faso), p. 97.
- Dovonou FE, Alladassivo E, Koukpo JM, Sintondji L, Yalo N. 2022. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique de l'eau du lac Azili dans la commune de Zangnanado au centre du Bénin. *Int J Biol Chem Sci.*, **16**(2): 867-877. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i2.28>
- Dovonou EF, Hounsou BM, Sambienou WG, Adadedjan C, Houessouga F, Mama D. 2020. Qualité des eaux pluviales stockées dans les citernes pour la consommation dans la commune de Toffo : cas de l'arrondissement de Damè. *J Appl Biosci.*, **154**: 15871-15880. DOI: <https://doi.org/10.35759/JABs.154.4>
- Eblin S, Sombo A, Soro G, Aka N, Kambire O, Soro N. 2014. Hydrochemistry of surface waters in the Adiaké region (southeast coastal Côte d'Ivoire). *J Appl Biosci.*, **75**: 6259–6271. DOI: 10.4314/jab.v75i1.10
- El Kharmouz M, Sbaa M, Chafi A, Saadi S, 2013. L'étude de l'impact des lixiviats de l'ancienne décharge publique de la ville d'oujda sur la qualité physicochimique des eaux souterraines et superficielles (Maroc Oriental). *Larhyss Journal*, **16**: 105-19. <http://www.larhyss.net/ojs/index.php/larhyss/article/view/183/173>.
- El Morhit M, Fekhaoui M, Amal S, Souad EB, Abdallah EA, Rachid B, Ahmed Y, Mohamed J. 2008. Impact de l'aménagement hydraulique sur la qualité des eaux et des sédiments de l'estuaire du Loukkos. (côte atlantique, Maroc). *Bulletin de l'Institut Scientifique, Rabat, section Sciences de la Terre*, (30): 39-47.
- Figurella J, Leyral G. 2002. *Analyse des Eaux : Aspects Réglementaires et Techniques*. CRDP de Bordeaux. Ed. Scérén CRDP d'Aquitaine: Paris.
- Gnamba M, Bernard A, Yei M SO, Kpan OG, Tanina S. 2016. Origines du fer dans les eaux souterraines de la région de Katiola : Origins of iron in groundwater in Katiola area. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **18**(3): 928-937. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.
- Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement (IBGE). 2005. Qualité physico-chimique et chimique des eaux de surface : Cadre Général. Publication/Fiche documentée. Observatoire des données de l'environnement, Novembre 2005.
- Institut National de Statistique et de Démographie, INSD. 2012. Annuaire statistique. Burkina Faso, p. 375. http://www.insd.bf/contenu/pub_periodiques/annuaire_stat/Annuaire_stat_nationaux_BF/Annuaire_stat_2012.pdf.
- Lagnika M, Ibikounle M, Montcho JPC, Wotto VD, Sakiti NG. 2014. Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè au Bénin, Afrique de l'ouest. *Journal of Applied Biosciences*, **79**: 6887-97. DOI: <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v79i1.13>.
- Mairie de la Commune de Ouagadougou. 2018. Rapport de la direction de la salubrité et de l'hygiène à Ouagadougou au Burkina Faso. Direction de la salubrité et de l'hygiène publique, p. 68.
- Matthieu SM, Dieudonné M, Camille IN, Gracien E. 2020. Evaluation socio-environnementale des eaux de puits consommées au quartier Mamabalako dans la ville de Mbandaka. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, **31**(1): 43-51. <http://www.ijias.issr-journals.org/>.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS) 2006. Normes de l'OMS sur l'eau potable.

- <https://www.lennotech.fr/applications/potable/eau-potable.htm#ixzz7bSacJymf>.
- Organisation Mondiale de la Santé (OMS). 2011. Drinking Water Quality Guidelines. Second Edition Additive to Volume 1 Recommendations.
- Rodier J, Legube B, Merlet N, Brune R. 2009. *Analyse de l'Eau* (9^e édn). DUNOD; 1-1579.
- Rodier J et collaborateurs. 2005. *L'Analyse de l'Eau*. DUNOD; 867.
- Yaméogo S. 2008. Ressource en eau souterraine du centre urbain de Ouagadougou au Burkina Faso: qualité et vulnérabilité. Thèse de Doctorat, Université d'Avignon et les pays du Vaucluse, p 254. <http://www.lha.univ-avignon.fr/Theses/Suzanne%20Yameogo/2008-11-28%20Suzanne%20YAMEOGO.pdf>.
- Santé Canada. 2012. Recommandations pour la qualité de l'eau potable au Canada: Document technique- La turbidité. Bureau de la qualité de l'eau et de l'air. (Ottawa, Ontario). Direction générale de la santé environnementale et de la sécurité des consommateurs, p 93.
- Sawadogo N, Sanou Y, Paré S. 2022. Assessment of physicochemical and microbiological quality of leachates sampled from Polesgo site in Ouagadougou. *J. Mater. Environ. Sci.*, **13**(12): 1478-1488.
- Yaméogo Ouandaogo S, Blavoux B, Nikiema J, Savadogo AN. 2013. Caractérisation du fonctionnement des aquifères de socle dans la région de Ouagadougou à partir d'une étude de la qualité chimique des eaux. *Revue des Sciences de l'Eau*, **26**(3): 173-191. DOI: <https://doi.org/10.7202/1018784ar>.
- Yapo TW, Meless F-RD, Gbagbo GAT, Kpaibe SAP, Kouassi AT, AMIN CN. 2023. Physico-chemical and bacteriological characterization of surface waters for domestic use: Case of river waters in M'pody village (Anyama, Ivory Coast). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, **17**(2): 735-742.