

1

2 **Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux** 3 **souterraines de la zone industrielle de Kossodo, Burkina Faso**

4

5 **Résumé**

6

7 Au Burkina Faso, les eaux souterraines sont une ressource essentielle pour l'eau potable,
8 l'irrigation et l'industrie, surtout durant la saison sèche. Dans la zone industrielle de Kossodo,
9 elles couvrent 95 % des besoins en eau des populations et des industries, mais leur qualité est
10 préoccupante en raison de la pollution. Cette étude a pour objectif d'évaluer la qualité
11 physico-chimique et bactériologique de sept forages de la zone et de proposer des mesures
12 correctives pour réduire les risques sanitaires. Les résultats physico-chimiques montrent des
13 températures comprises entre 28 et 31,25 °C, une turbidité de 0,13 à 1,45 NTU, un pH
14 légèrement basique (6,74–7,48) et une conductivité faible (261–462 µS/cm). Tous les
15 paramètres respectent les normes de l'OMS et de l'ONEA, sauf l'orthophosphate (0,5–
16 0,8 mg/L). L'analyse microbiologique révèle la présence de coliformes fécaux (F2 :
17 17 CFU/100 mL ; F5 : 38,5 CFU/100 mL ; F6 : 15 CFU/100 mL) et de streptocoques fécaux
18 (F5 : 1 CFU/100 mL ; F6 : 0,5 CFU/100 mL), avec une absence d'E.coli. Ces résultats
19 soulignent l'importance d'un suivi régulier et de la mise en œuvre de mesures correctives
20 pour préserver la qualité des eaux souterraines et réduire les risques sanitaires.

21

22 **Mots-clés** : eaux souterraines, qualité de l'eau, forages, paramètres physico-chimiques,
23 bactériologie, zone industrielle de Kossodo, Burkina Faso.

24

25 **Abstract**

26 In Burkina Faso, groundwater is an essential resource for drinking water, irrigation, and
27 industry, especially during the dry season. In the Kossodo industrial zone, it supplies 95% of
28 the water needs of both the population and industries, but its quality is a concern due to
29 pollution. This study aims to assess the physico-chemical and bacteriological quality of seven
30 boreholes in the area and to propose corrective measures to reduce health risks. Physico-
31 chemical results show temperatures between 28 and 31.25 °C, turbidity ranging from 0.13 to
32 1.45 NTU, a slightly basic pH (6.74 -7.48), and low conductivity (261 -462 µS/cm). All
33 parameters comply with WHO and ONEA standards, except orthophosphate (0.5–0.8 mg/L).
34 Microbiological analyses reveal the presence of faecal coliforms (F2: 17 CFU/100 mL; F5:
35 38.5 CFU/100 mL; F6: 15 CFU/100 mL) and faecal streptococci (F5: 1 CFU/100 mL; F6:

36 0.5 CFU/100 mL), while E. coli is absent. These results highlight the importance of regular
37 monitoring and the implementation of corrective measures to preserve groundwater quality
38 and minimize health risks.

39 **Keywords:** groundwater, water quality, boreholes, physicochemical parameters, bacteriology,
40 Kossodo Industrial Zone, Burkina Faso.

41

42

UNDER PEER REVIEW IN IJAR

1. Introduction

L'eau, omniprésente dans la nature, est un liquide incolore, inodore et sans saveur. Ses propriétés complexes résultent de sa polarisation et de sa composition en divers sels minéraux (Bernard, 2007) [1]. Essentielle à la vie et au développement socio-économique durable, une meilleure compréhension des ressources en eau est indispensable, notamment en ce qui concerne leur vulnérabilité face aux pressions environnementales et anthropiques, ainsi que les mesures de gestion et de protection nécessaires pour leur préservation (Belghiti et al., 2013) [2]. À l'échelle mondiale, la pression sur les ressources en eau, en particulier les eaux souterraines, ne cesse d'augmenter sous l'effet d'une demande croissante. L'accès à l'eau potable est un enjeu majeur pour le développement socio-économique local (Mabrouki et al., 2016) [3]. En Afrique, l'urbanisation rapide, la pression démographique et les changements climatiques ont entraîné une insuffisance des eaux de surface habituellement traitées et distribuées (CAWST, 2013) [4]. Aujourd'hui, les eaux souterraines représentent plus de 50 % des ressources en eau douce immédiatement disponibles et constituent la principale source d'approvisionnement (Mangoua et al., 2018) [5]. Elles couvrent les besoins de plus de 70 % de la population et jouent un rôle essentiel dans de nombreuses activités humaines (Buhungu et al., 2018) [6]. Malgré des progrès significatifs, en 2012, plus de 748 millions de personnes n'avaient toujours pas accès à une eau potable et à des installations sanitaires adéquates, dont 325 millions (43 %) en Afrique subsaharienne (OMS, 2014) [7]. En Afrique, où dans certaines régions les eaux de surface sont rares, les ressources en eaux souterraines sont l'unique source d'approvisionnement assez propre, fiable et économique. Au Burkina Faso, où le climat est aride et les pluies de plus en plus rare, les eaux de forage sont essentielles au ravitaillement en eau potable et à la croissance du pays. Toutefois la qualité des eaux devient une inquiétude croissante. Les contaminations environnementales dues aux pesticides, aux déjections animales et aux ordures industrielles menacent les ressources en eau souterraine.

L'eau captée peut contenir des microorganismes pathogènes ainsi que des substances indésirables ou toxiques. Selon Mahamane et Boubié (2015) [8], la qualité de l'eau est définie par des paramètres physiques, chimiques et biologiques, mais aussi par son usage. La disponibilité en eau par habitant au Burkina Faso devrait chuter de 80 % d'ici 2080 par rapport à l'an 2000 (FAE, 2022) [9]. Parallèlement, la population connaît un fort taux de croissance et

Les villes une urbanisation rapide : de 22,7 % en 2006, le taux d'urbanisation a atteint 26 % en 2019 (RGPH, 2019) [10]. À Ouagadougou dans la zone industrielle de Kossodo arrondissement 4, les eaux issues des usines sont stockées, puis traitées au niveau de la station d'épuration des eaux usées de Kossodo puis sont enfin déversées dans la nature à travers des canalisations de la zone. Cependant ces eaux rejetées n'étaient pas totalement traitées peuvent contaminer les nappes en s'infiltrant. Rendant ainsi ces eaux souterraines impropre à la consommation humaine, rajoutant qu'elles peuvent nuire à la santé des consommateurs.

Un suivi permanent est donc essentiel pour évaluer les paramètres physico-chimiques et bactériologiques des eaux souterraines de Kossodo. C'est dans ce cadre que s'inscrit ce travail, qui vise à analyser la qualité des eaux souterraines de cette zone industrielle afin de prévenir les risques liés à la contamination chimique et microbiologique.

2. Matériel et Méthode

2.1. Localisation de la zone d'étude

La région du Centre, située au cœur du Burkina Faso, est une zone stratégique tant sur le plan géographique qu'administratif. Elle est précisément localisée à 1°31' de longitude Ouest et 12°22' de latitude Nord, ce qui lui confère une position centrale et accessible. Elle est entourée par plusieurs régions : au Nord, la région du Plateau-Central ; à l'Est, la région du Centre-Est ; et au Sud et à l'Ouest, la région du Centre-Sud. La région du centre représente 1,022% du territoire national, considérée comme la plus petite région avec une seule province dont le chef-lieu est la capitale politique Ouagadougou. Elle est divisée en 12 arrondissements, chaque arrondissement joue un rôle crucial dans la gestion administrative et le développement local. La région du centre avec Ouagadougou comme capitale est un point d'accès administratif et économique. Elle joue un rôle clé dans la coordination des activités régionale et nationale et dans le développement industriel, en particulier à travers des zones comme la zone industrielle de Kossodo. La région symbolise à la fois les opportunités et les défis liés à l'urbanisation et à l'industrialisation évolutive. La zone d'étude est située à Kossodo plus précisément la zone industrielle de Kossodo à l'arrondissement 4 de Ouagadougou (figure 1). C'est une zone importante pour les activités économiques et industrielle. Elle se trouve au Nord-Est du centre-ville et couvre une superficie de 25,995 km². Cette zone accueille diverses industries, contribuant au dynamisme économique de la région (INSD, 2009) [11].

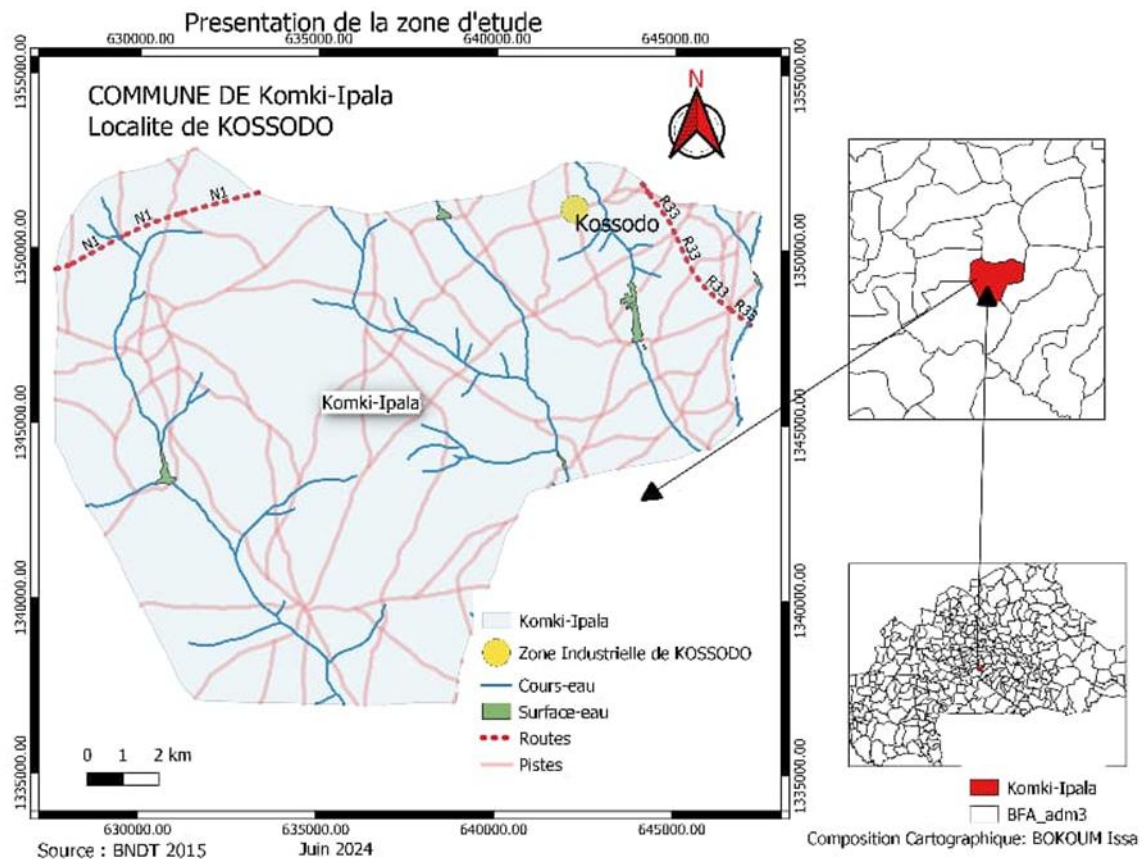


Figure 1 : Localisation géographique de la zone industrielle de Kossodo

2.2. Géologie et Hydrographie

La zone industrielle de Kossodo à l'instar de la capitale Ouagadougou, repose sur un substrat géologique constitué principalement de socle granitique précambrien, recouvert d'une couche d'altération latéritique d'une épaisseur variant entre 10 et 50 mètres. Cette région fait partie du plateau Mossi, caractérisé par un relief peu accidenté avec des pentes faibles (inférieures à 1 %) et des dénivelés limités (environ 20 mètres). Les sols de la région sont en particulier ferrugineux, riches en calcium et magnésium mais pauvres en éléments nutritifs comme le phosphore et le potassium et en matières organiques.

Plusieurs petits cours d'eau passent dans la ville de Ouagadougou dont les plus affluents sont ceux du Massili et du Nakambé. Ces cours d'eau sont marqués par des barrages au sein de Ouagadougou dont les barrages 1, 2 et 3 qui sont essentiels à l'approvisionnement en eau potable et à la gestion des eaux de pluies. Mais la région a un relief relativement plat favorisant des risques d'inondation avec une stagnation des eaux de pluie conduisant à la

formation des mares. Toutefois les formations d'aquifères de la ville de Ouagadougou se trouvent généralement dans les formations rocheuses du précambrien. C'est dans ces formations de roche que ces eaux souterraines sont stockées, cependant ces eaux sont souvent de faible productivité et vulnérable à la pollution du fait du manque d'infrastructures d'assainissements appropriés. La recharge des nappes phréatiques dépend fortement des précipitations, qui sont concentrées sur une courte période de l'année (Rodrigue,2010) [12].

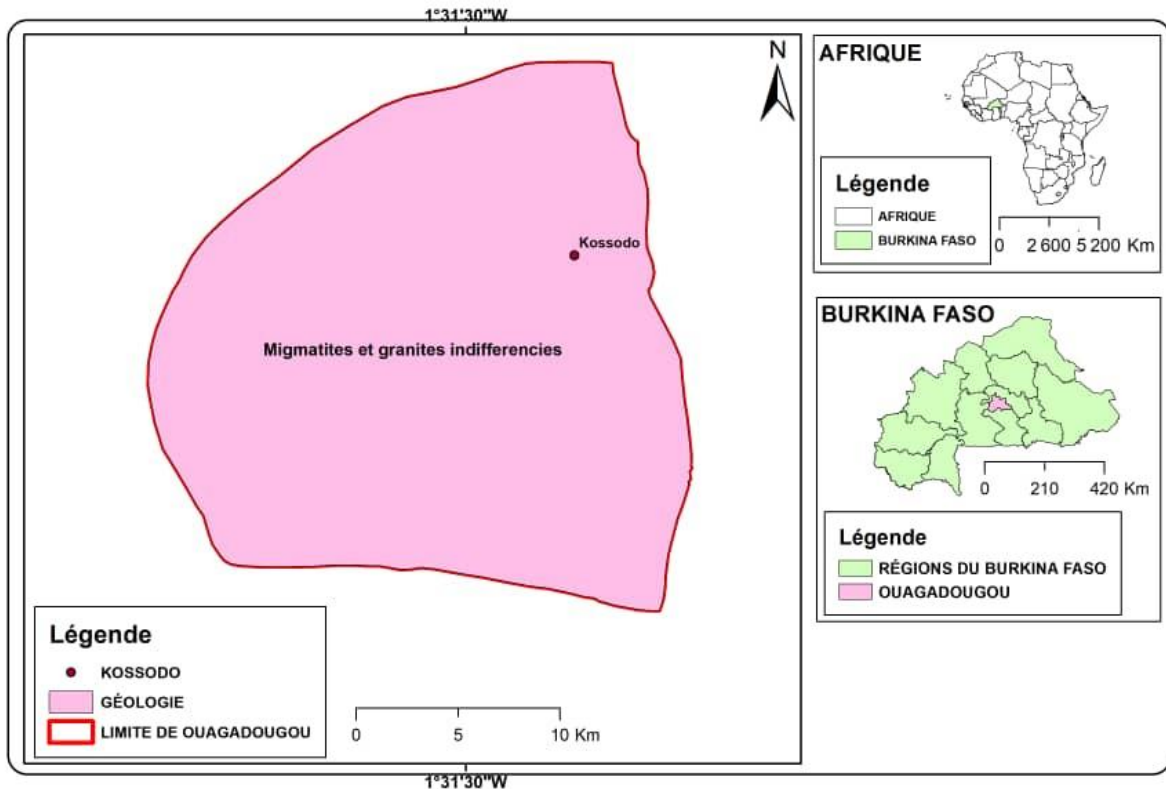


Figure 2. Géologie de la zone d'étude

2.3. Prélèvement et préparation des échantillons

Cette étape correspond aux activités de prélèvements d'échantillons dans les sept (7) forages (eaux souterraines) (voir figure 3). Lors de cette étape, les paramètres physiques tels que la température, le potentiel Hydrogène et la conductivité ont été mesurés in situ grâce à un multi paramètres. Pour les échantillons analysés au laboratoire, les prélèvements ont respecté le suivi rigoureux des étapes suivantes :

- Elaborer des fiches de prélèvement pour renseigner toutes les informations, nécessaires, recueillies sur le terrain au cours de l'échantillonnage (dates et heures de prélèvement, etc.) ;
- Utiliser un récipient isotherme (glacière) pour assurer le transport des échantillons sous obscurité et une stabilité de la température ;
- Utiliser des gants pour protéger et éviter toute contamination des échantillons prélevés ;
- Utiliser un Ice pack pour la conservation des échantillons à une température recommandée de 4°C pendant leur transfert au laboratoire ;
- Utiliser des flacons en verre et/ou en plastique de 1 Litre préalablement lavés à l'eau distillée notamment deux (02) par point de prélèvement dont un pour l'analyse des paramètres chimiques et l'autre pour celle des paramètres microbiologiques.



Figure 3: localisation des différents points de prélèvement

2.4. Analyses au laboratoire

Les analyses ont été effectuées conformément au protocole établi au laboratoire, lui-même basé sur celui décrit par Rodier et al. (2012) [13]. Les données obtenues ont ensuite été traitées à l'aide du logiciel Excel.

3. Résultats et discussion

3.1. Paramètres physiques

Les paramètres physiques ont été analysés in situ et incluaient la température (°C), le potentiel d'hydrogène (pH) et la conductivité électrique ($\mu\text{S}/\text{cm}$), mesurés par immersion d'un multi paramètre dans un b cher contenant chaque échantillon, ainsi que la turbidité, déterminée à l'aide d'un turbidimètre. Les résultats obtenus sont présentés sur la figure 4.

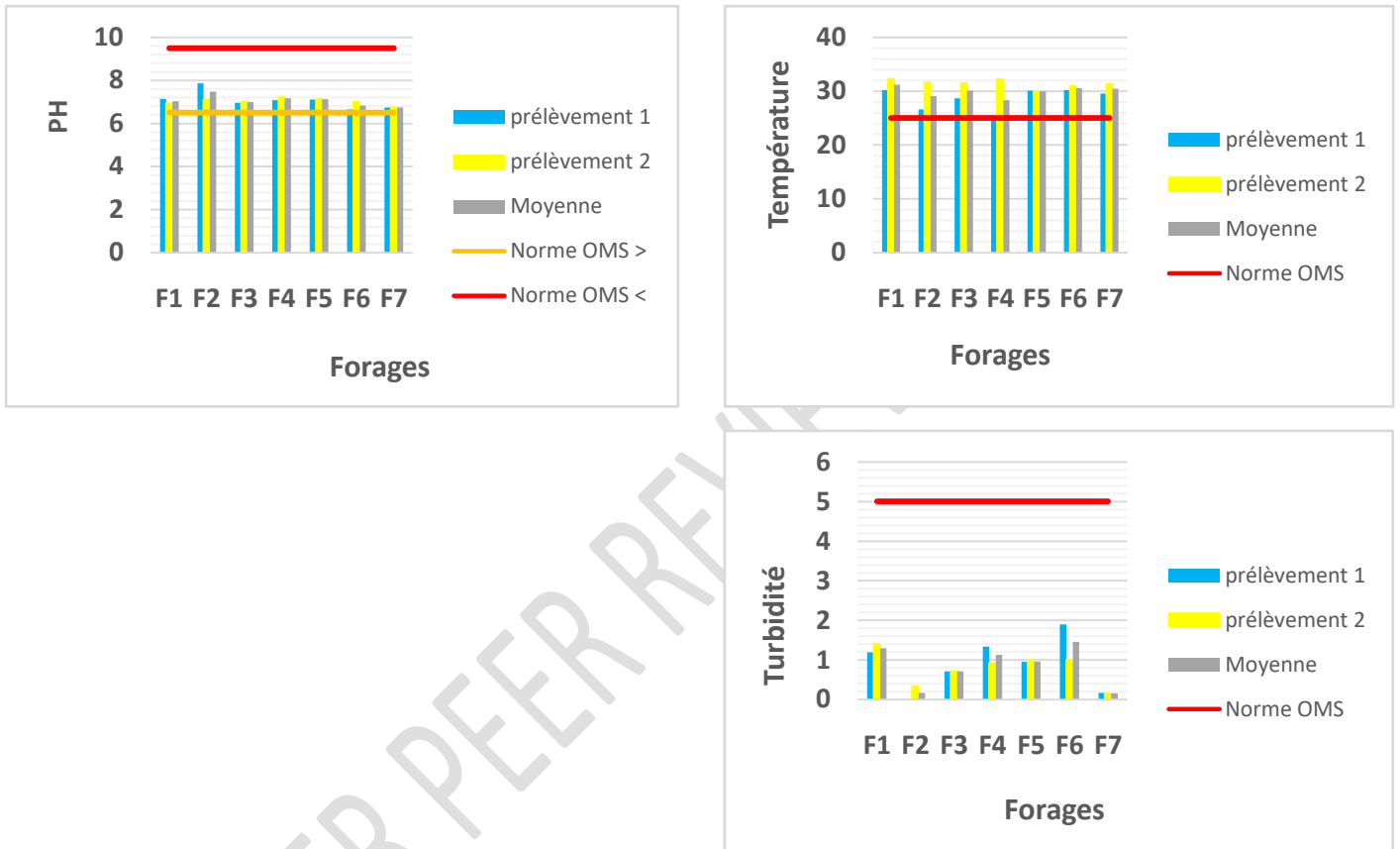
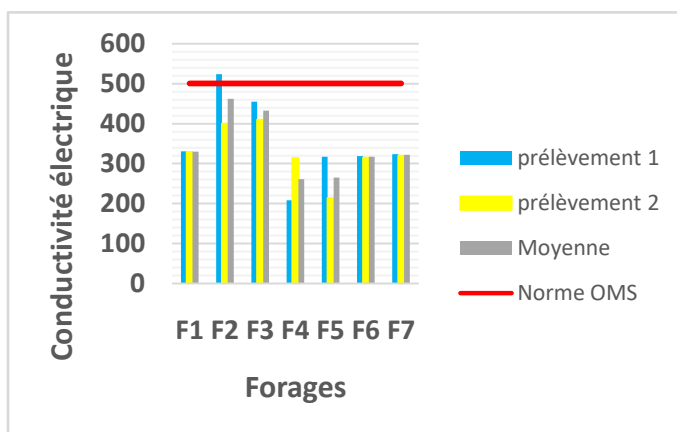


Figure 4 : Variation des différents paramètres physiques de l'eau

L'analyse des paramètres physiques des eaux mesurées in situ révèle que les eaux de la zone sont basiques à légèrement basiques, ce qui est favorable à la consommation humaine, étant donné que ce pH respecte la norme de l'OMS (2017) [14], comprise entre 6,5 et 9,5. Le pH présente une variation allant de 6,65 à 7,86 au premier prélèvement et de 6,75 à 7,25 au deuxième prélèvement. Cette variation pourrait être expliquée par la nature géologique de la zone. Bouchemal et Achour (2015) [15] ont rapporté des pH semblables dans les eaux souterraines de la région de Biskra en Algérie (6,50 à 8,50).

La température relevée au cours de cette étude indique que les échantillons ne sont pas conformes à la norme de l'OMS (2017) [14] relative à la qualité des eaux de boisson, qui préconise une température maximale de 25°C. Ces températures relativement élevées pourraient résulter de l'effet du rayonnement solaire journalier sur la nappe ainsi que des



différentes sources d'énergie émises par les activités industrielles de la zone. Une température élevée peut avoir des conséquences sur certains paramètres, notamment le chlore libre. Selon Mandé (2018) [16], l'élévation de la température de l'eau peut favoriser le développement microbien.

Les conductivités mesurées lors de l'échantillonnage des eaux de forage sont conformes à la recommandation de l'OMS (2017) [14], qui préconise une conductivité inférieure à 500 µS/cm, à l'exception du forage F2, dont la conductivité dépasse cette norme lors du premier prélèvement. Mahamane et Boudié (2015) [8], qui ont étudié les conductivités des eaux de Yamtenga, a trouvé des valeurs allant de 118 à 500 µS/cm. Pour cette étude, les valeurs de conductivité varient entre 208 µS/cm et 524 µS/cm au premier prélèvement et entre 214 µS/cm et 410 µS/cm au second prélèvement.

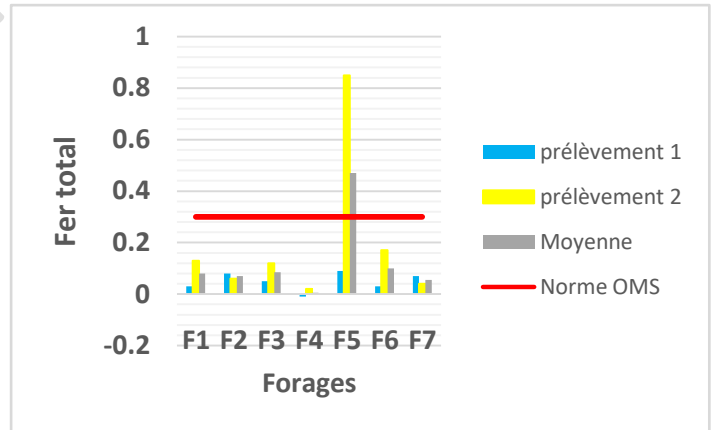
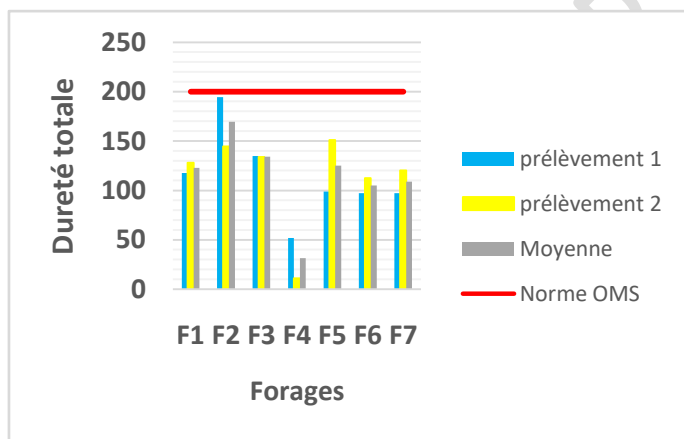
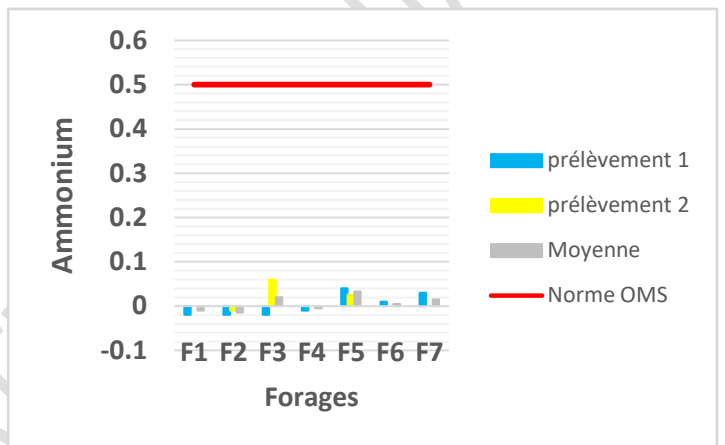
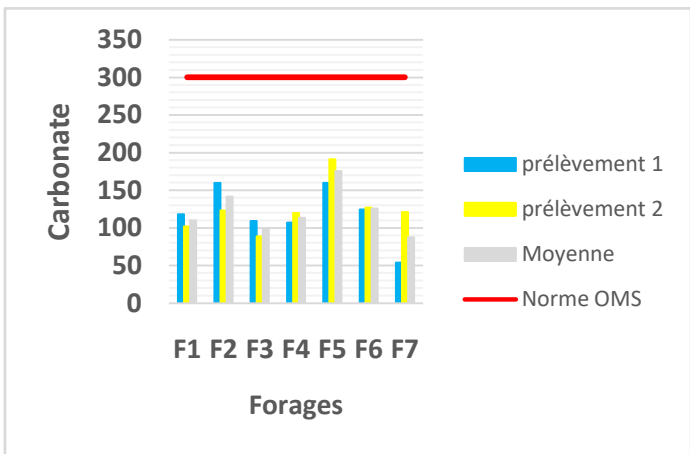
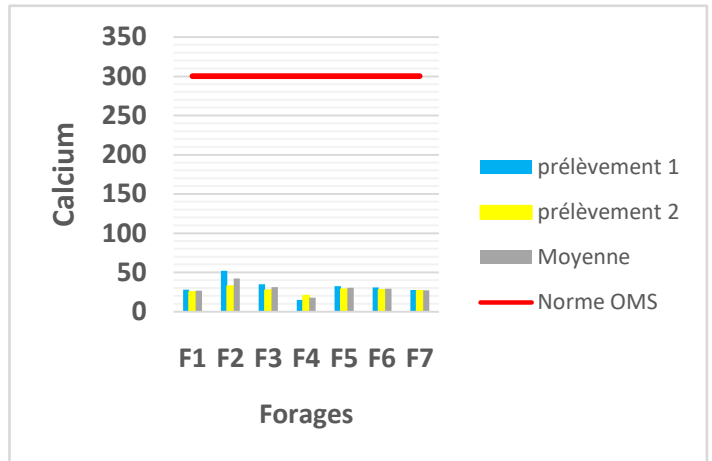
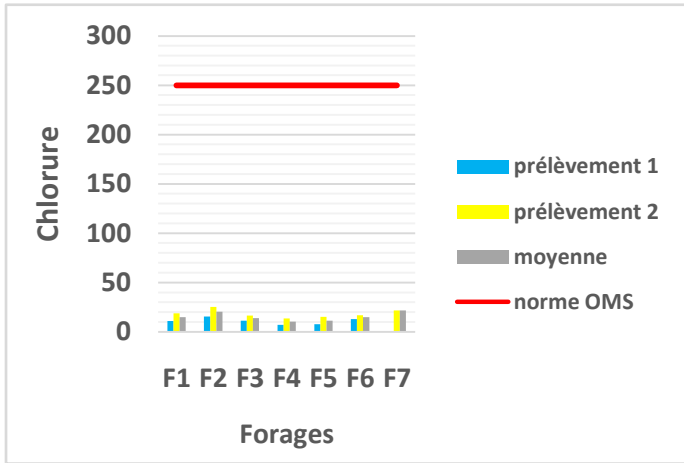
Cette étude révèle également que toutes les eaux de forage analysées présentent une turbidité inférieure à 5 NTU sur les deux prélèvements, conformément aux recommandations de l'OMS (2017) [14] pour les eaux destinées à la consommation. Certaines études, comme celles de Kaboré Sylviane (2021) [17] et de Moussa Nomao (2017) [18], ont rapportés des

turbidités bien plus élevées allant de 10 à 40 NTU et de 0,48 à 41 NTU dues aux anciennes conduites en Polychlorure de Vinyle et en Polyéthylène Haute Densité qui sont rouillées. Dans le cas des eaux de forage, une faible turbidité pourrait être attribuée à la filtration naturelle de l'eau à travers les formations rocheuses.

3.2. Paramètres chimiques

Les paramètres chimiques ont été analysés en laboratoire et incluaient : la dureté, le titre alcalimétrique, ainsi que les concentrations en arsenic, manganèse, ammonium, fer, calcium, sulfates, nitrates, nitrites et phosphates. Au total, sept échantillons d'eau de forage ont été analysés, dont les résultats sont présentés sur la figure 5.

UNDER PEER REVIEW IN IJAR



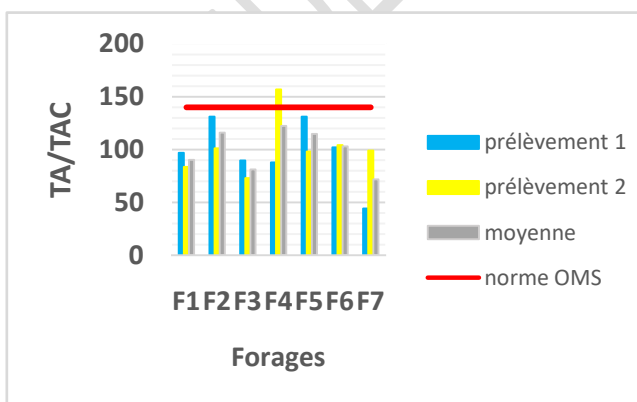
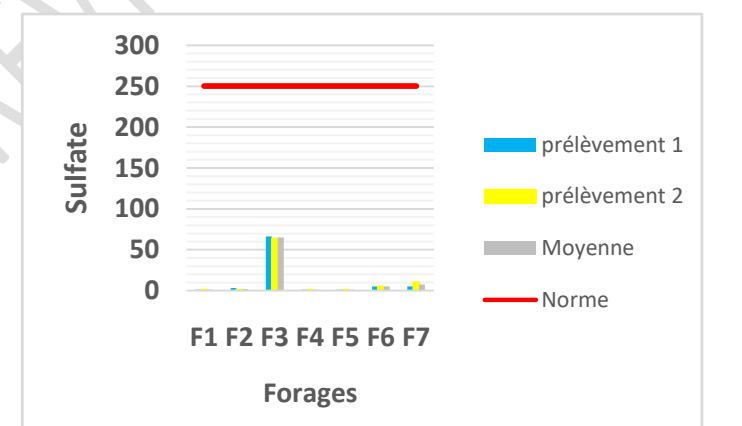
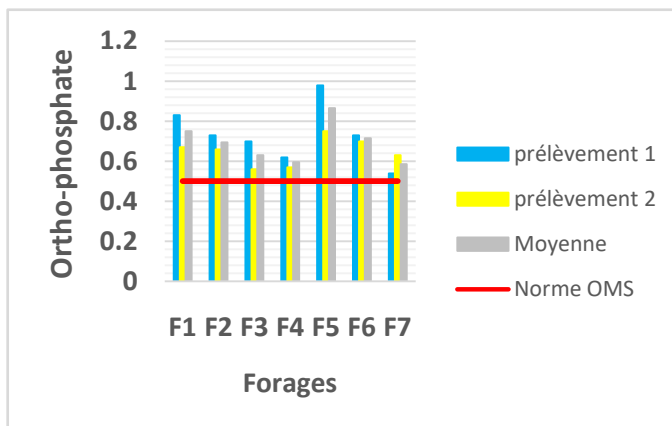
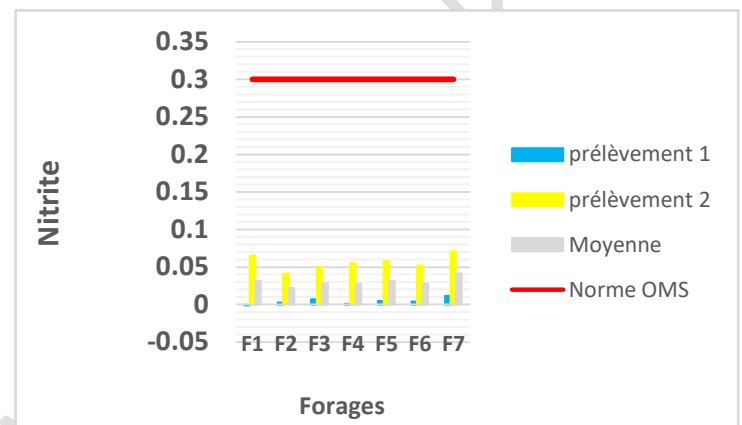
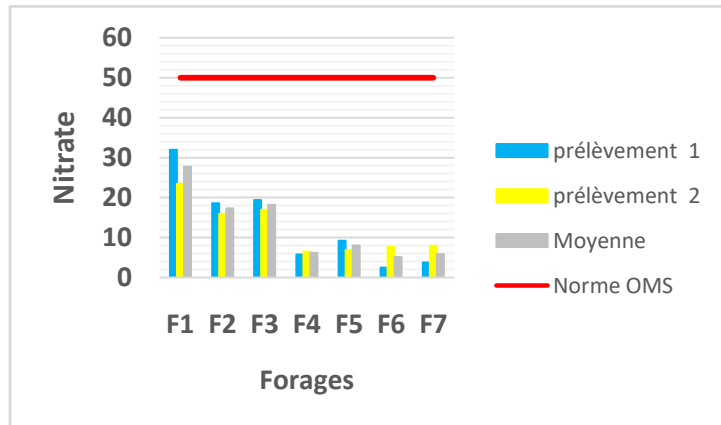
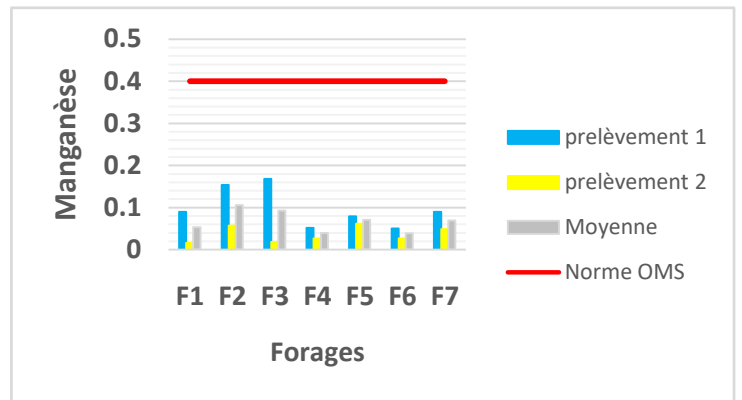
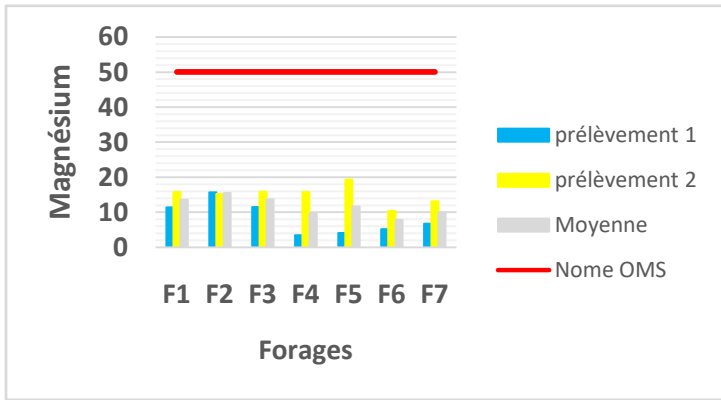


Figure 5 : Variation des différents paramètres chimiques de l'eau

L'analyse des échantillons a révélé que les concentrations de certains paramètres dépassent la norme de l'OMS (2017) [14]. Concernant les ions chlorures, les échantillons d'eau analysés sont conformes à la norme de l'OMS (2017) [14], qui fixe une valeur limite de 250 mg/L. Par conséquent, ces eaux sont de bonne qualité. Les valeurs des ions chlorures de l'eau de cette étude sont en concordance avec celles rapportées par Chibani (2009) [19] dont les valeurs sont comprises entre 48,74 mg/L et 120,7 mg/L.

Selon la norme de l'OMS (2017) [14], la concentration en ions carbonate et calcium ne doit pas excéder 300 mg/L chacun dans les eaux de consommation. Ainsi, les eaux analysées respectent cette norme et sont considérées comme de bonne qualité. Les valeurs de carbonate et de calcium sont semblables aux valeurs obtenues par l'étude menée par Kouamé et al. (2021) [20].

Les teneurs en ammonium relevées au cours de cette étude indiquent que tous les échantillons d'eau en contiennent en faible quantité, voire en traces, par rapport à la recommandation de l'OMS (2017) [14], fixée à 0,5 mg/L. Les concentrations en ammonium mesurées dans cette étude sont inférieures à celles relevées par Traoré et al (2022) [21], dans les eaux souterraines en Côte d'Ivoire qui variaient entre 0,020 et 0,030 mg/L avec une moyenne de $0,021 \pm 0,002$ mg/L. Ces eaux sont donc de bonne qualité.

La dureté de l'eau, ou titre hydrotimétrique, est un indicateur du niveau de calcaire présent. Les résultats de cette étude montrent que tous les échantillons analysés ont une dureté inférieure à la norme de l'OMS (2017) [14], qui préconise un seuil maximal de 200 mg/L. La dureté de l'eau de cette étude est en concordance avec celles rapportées par Lagnika et al. (2014) [22] qui des valeurs inférieures à 200 mg/L.

En ce qui concerne le fer, la plupart des échantillons sont conformes aux normes de l'OMS (2017) [14], qui fixe une limite de 0,3 mg/L, à l'exception du forage F5, où la concentration dépasse cette valeur. Bien que la présence de fer dans l'eau de boisson ne représente pas un danger direct, elle peut favoriser la prolifération de certaines bactéries. Pour cette étude les teneurs en ion de fer obtenue sont supérieures aux teneurs révélées dans l'étude menée par Fambi et al. (2021) [23]. Les teneurs de leur étude variaient entre 0.05 mg/L et 4 mg/L. Les teneurs en fer de l'étude sont toutefois similaires à celles de Hane et al. (2020) [24] qui étaient en moyenne de $0,16 \pm 0,11$ mg/l.

Le magnésium peut altérer le goût de l'eau. D'après les résultats obtenus, la teneur en magnésium des eaux de forage analysées est conforme à la norme de l'OMS (2017) [14], qui recommande un maximum de 50 mg/L. Les teneurs de magnésium obtenues sont

approximatives celles obtenues lors de l'étude sur les eaux de forage à usage domestique dans la ville de Daloa en Côte d'Ivoire menée par Kouamé et al. (2021) [20].

Les teneurs en manganèse observées dans les échantillons d'eau sont inférieures à la norme de l'OMS (2017) [14], qui fixe une limite de 0,4 mg/L pour les eaux de boisson.

Pour les nitrates, tous les échantillons analysés présentent des concentrations conformes à la norme de l'OMS (2017) [14], qui recommande une valeur inférieure ou égale à 50 mg/L. Les teneurs en nitrates de cette étude sont similaires à celles obtenues par Sawadogo et al. (2023) [25] dans les eaux souterraines de Ouagadougou. Nos échantillons ne présentent donc aucun danger concernant ce paramètre.

L'analyse a également montré que les concentrations en nitrites dans ces eaux respectent la norme de l'OMS (2017) [14], qui fixe une limite de 0,3 mg/L. Les concentrations de nitrite obtenues dans l'étude conduite par Hane et al. (2020) [24] avec une valeur centrale de $0,06 \pm 0,07$ mg/L, sont supérieures à celles révélées dans cette étude. Par contre ces concentrations sont comparable aux teneurs exposées par Traoré et al. (2022) [21]. En effet, les teneurs en nitrites de ces eaux variaient de 0,002 à 0,021 mg/l.

Cependant, cette étude révèle que les eaux analysées ne sont pas conformes à la norme de l'OMS (2017) [14] pour les orthophosphates, qui recommande une teneur inférieure ou égale à 0,5 mg/L. Les valeurs relevées varient entre 0,54 mg/L et 0,98 mg/L lors du premier prélèvement et entre 0,56 mg/L et 0,75 mg/L lors du second. Une concentration élevée de phosphore dans l'eau peut favoriser la croissance bactérienne. Ces valeurs obtenues sont supérieures par rapport celles obtenues par Chibani Somia (2009) [19], qui sont inférieures à la norme OMS (2017) [14].

Concernant les sulfates, tous les échantillons présentent des concentrations inférieures à la norme de l'OMS (2017), qui fixe une limite de 250 mg/L. Les teneurs en ions sulfates obtenues lors de cette étude étaient inférieures à celles rapportées par Hane et al. (2020) [24] qui indiquent une moyenne de $30,50 \pm 15,18$ mg/l.

Les résultats d'analyse ont également révélé que la majorité des eaux de forage respectent la norme de l'OMS (2017) [14] pour le TA/TAC, fixé à 140 mg/L, à l'exception du forage F2, dont la valeur dépasse cette limite.

Enfin, conformément à la norme de l'OMS (2017) [14] sur l'arsenic, ces eaux sont de bonne qualité, car les concentrations relevées sont inférieures à la limite fixée à 10 µg/L.

3.3. Paramètres microbiologiques

Les analyses bactériologiques ont porté sur la recherche des coliformes fécaux et l'identification d'*Escherichia coli*, la recherche et le dénombrement des streptocoques fécaux. La recherche et le dénombrement est faite par la filtration sur des membranes poreuses. La figure 6 présente les résultats obtenus.

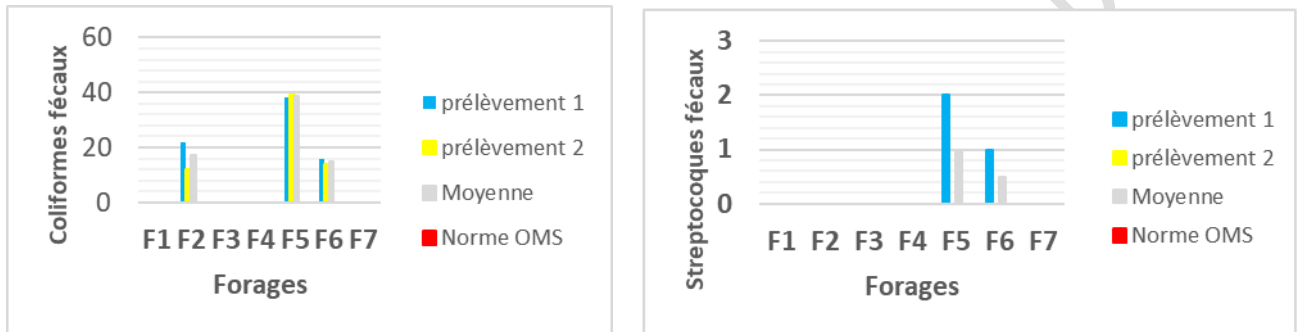


Figure 6 : Variation des paramètres bactériologiques de l'eau

Les résultats de l'analyse bactériologique ont révélé que les eaux de forage étudiées ne sont pas toutes conformes à la norme de l'OMS (2017) en ce qui concerne la présence de coliformes fécaux dans les forages F2, F5 et F6. De plus, les forages F5 et F6 ne respectent pas la norme pour les streptocoques fécaux. En revanche, toutes les eaux analysées sont conformes pour *E. coli*. Ces contaminations bactériologiques témoignent d'un manque d'hygiène autour des forages dans la zone étudiée. En général, les résultats que nous avons obtenus pour les deux types de germes étaient semblables à ceux obtenus par Balloy et al. (2019) [26].

4. Conclusion

La présente recherche a porté sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la zone industrielle de Kossodo.

Au niveau des caractéristiques physiques et chimiques, la majorité des facteurs étudiés répondent aux exigences de l'OMS (2017). Néanmoins certains prélèvements ont révélé des résultats non conformes pour la conductivité, le fer total et le TA/TAC. De plus, aucun échantillon n'a présenté une température ni une teneur en orthophosphates conformes aux normes.

Sur le plan bactériologique, aucun échantillon ne contenait *E. coli*. Toutefois, les forages F2, F5 et F6 étaient contaminés par des coliformes fécaux, et les forages F5 et F6 présentaient également des streptocoques fécaux.

Ainsi, cette étude révèle qu'en général, les eaux souterraines de la zone industrielle de Kossodo sont de bonne qualité. Cependant, la présence de coliformes fécaux dans certains échantillons souligne la nécessité de renforcer les mesures d'hygiène autour des forages et de sensibiliser les populations afin de garantir une eau potable conforme aux normes sanitaires.

5. References

1. Bernard. C (2007). Introduction à l'étude de la médecine expérimentale. Livre : Edition Bibliobazaar, p. II.
2. Belghiti et al., (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux souterraines de la nappe plio-quaternaire dans la région de Meknès (Maroc).
3. Mabrouki Y, Taybi A F, Bensaad H, Berrahou A, (2016) J. Mater. Environ. Sci.7, (1) 231-243.
4. CAWST. (2013). Introduction à l'analyse de la qualité de l'eau de boisson. Edition manuel 2 : 1-2
5. Mangoua O M J et al, (2018). Evaluation de la vulnérabilité à la pollution des eaux souterraines du département de Tiassalé (Sud de la Côte d'Ivoire). Environmental and Water Science, Public Health & Territorial Intelligence Journal, 2(2) : 46- 54.
6. Buhungu S et al, (2018). Caractérisation spatio-temporelle de la qualité de l'eau de la rivière Kinyankonge, affluent du Lac Tanganyika, Burundi.
7. Mahamane A, Guel B, 2015. Caractérisations physico-chimiques des eaux souterraines de la localité de Yamtenga (Burkina Faso). Article in International Journal of Biological and Chemical Sciences ; Université de Ouagadougou ; Ouagadougou ; pp 517-533.
8. FAE, 2022. Rapport d'évaluation du projet d'appuis d'accès à l'eau potable et à l'assainissement et de renforcement de la résilience de la population à la covid19 et au changement climatique dans les quartiers périphériques de Ouagadougou (PAEPA-QP), P2.
9. INSD, (2019). 5ème recensement générale de la population et de l'habitat au Burkina Faso : synthèse des résultats définitif p29.
10. INSD, (2009). Recueil des concepts, définitions indicateurs et méthodologies utilisés dans le système statistique national, 150 p.
11. Rodrigue Akouze (2010), Activités anthropiques industrielles et qualité des eaux dans un bassin versant : cas du bassin versant de Kossodo, mémoire pour l'obtention du diplôme de Master d'Ingénierie en Eau et Environnement, option Environnement, à l'Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement (2iE)
12. Rodier J (1996), L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, Eaux résiduaires, Eau de mer. 6ème édition : Dunod Paris, p1356.
13. OMS (2017), Directive de la qualité de l'eau de boisson 4e éd. intégrant le premier additif.

14. Bouchemal, F. and Achour, S. (2015). Qualité physico-chimique et paramètres de pollution des eaux souterraines de la région de Biskra. *Larhyss Journal*, 22, 197-212, 16 pages.
15. Mandé A., 2018. Étude comparative de la qualité microbiologique et physico-chimique des eaux de forage et celles conditionnées en sachet dans la ville de Ouagadougou. Mémoire de Licence en Eau-hygiène et assainissement ; Université Aube Nouvelle - Ouagadougou, 44p.
16. Kabore Sylviane., 2022. Étude comparative de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de forage et celle du réseau ONEA de la ville de Ouagadougou. Mémoire de Licence ; 70 pages.
17. Noma M., 2024. Évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de forage à usage particulier et semi-industriel à Ouagadougou. Mémoire de Master, Institut International d'Ingénierie de l'Eau et de l'Environnement - Ouagadougou, 90 p.
18. Chibani, S. (2009). Contribution à l'étude de la qualité physico-chimique et microbiologique des eaux de surface et souterraine de la région de Ain Makhoulf (Wilaya de Guelma). Mémoire de Magister en Biologie, Option Hydro-écologie : Santé, Eau et Environnement, Université 08 Mai 1945 de Guelma.
19. Kouame, Y. F., Kedi, A. B. B., Kouassi, S. S., Konan, N. J. A., Assouhoun, E. S., Yapo, O. B., & GNAGNE, T. (2021). Caractéristiques physico-chimiques des eaux de forages à usage domestique dans la ville de Daloa (centre-ouest de la Côte d'Ivoire). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 15(2), 835-845.
20. Traore A, Soro TD, Dibi B, Yao LYA. 2022. Caractérisation hydrogéochimique des eaux souterraines du département de Man (Ouest de la Côte d'Ivoire). *Int. J. Biol.Chem. Sci.*, 16(1): 498-514. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v16i1.40>
21. Lagnika, M., Ibikounle, M., Montcho, J. C., Wotto, V. D., & Sakiti, N. G. (2014). Caractéristiques physico-chimiques de l'eau des puits dans la commune de Pobè (Bénin, Afrique de l'ouest). *Journal of Applied Biosciences*, 79, 6887-6897.
22. Fambi K, Ayah M, Sossou KS, Boguido G, Bawa LM, Djaneye-Boundjou G. 2021. Qualité et essais de traitement des eaux en milieu périurbain : cas des eaux de forage des cantons Légbassito et Vakpossito (Togo). *Int. J. Biol. Chem. Sci.*, 15 (1): 317-337. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v15i1.28>
23. Hane M, Diagne I, Ndiaye M, Ndiaye B, Dione CT, Cissé D, Diop A. 2020. Etude comparative de la qualité physicochimique des eaux de puits et de forage consommées dans la commune de SinthiouMalème dans la région de Tambacounda (Sénégal). *Int. J. Biol.Chem. Sci.*, 14(9): 3400-3412. DOI: <https://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v14i9.34>
24. Balloy M, Katond J, Hanocq P, 2019. Evaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de puits dans le quartier spontané de Luwowoshi (RD Congo). Revue in *Tropicultura*; Université de Liège; pp 1-15