

QUALITE ET POTABILITE DES EAUX SOUTERRAINES DES SYSTEMES AQUIFERES DU BASSIN SEDIMENTAIRE DE KANDI (BENIN, AFRIQUE DE L'OUEST)

[QUALITY AND POTABILITY OF GROUNDWATER IN THE AQUIFER SYSTEMS OF THE KANDI SEDIMENTARY BASIN (BENIN, WEST AFRICA)]

Alowakinnou Sonya¹, F. Avahounlin Ringo¹⁻², C. Kéломé Nelly³, Icoutchika Brunelle², and W. Vissin Expédit³

¹Chaire Internationale de Physique Mathématique et Applications (CIPMA CHAIRE-UNESCO, FAST, UAC), Benin

²Ecole Normale Supérieure (ENS, UNSTIM), Benin

³Université d'Abomey-Calavi, UAC, Benin

Copyright © 2025 ISSR Journals. This is an open access article distributed under the *Creative Commons Attribution License*, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

ABSTRACT: This study aims to assess the quality of groundwater in the aquifer system of the Kandi Sedimentary Basin (BSK). The methodological approach adopted is based on the evaluation by the dosage of physico-chemical parameters of groundwater and the calculation of water quality indices (IQE). The results obtained show that the values of electrical conductivity, pH, dissolved solids rate (06ppm and 584 ppm) and temperature (29_32.8 C) are within the quality standards with the exception of EPP samples LOLO and Drogine. The quality of groundwater in a (BSK) is assessed from different criteria. The calculation of water quality indices made it possible to identify the classes of groundwater quality and the different possible uses. Overall, the waters are of good quality and can be used for drinking, irrigation and industry.

KEYWORDS: quality and potability, groundwater, aquifer systems, Kandi sedimentary basin.

RESUME: La présente étude vise à apprécier la qualité des eaux souterraines dans le système acquifère du Bassin Sédimentaire de Kandi (BSK). La démarche méthodologique adoptée est axée sur l'évaluation par le dosage des paramètres physico-chimiques des eaux souterraines et le calcul des indices de qualité des eaux (IQE). Les résultats obtenus montrent que les valeurs de la conductibilité électrique, du pH, du taux de solides dissous (06ppm et 584 ppm) et de la température (29_32,8 C) sont dans les normes de qualité à l'exception des échantillons de EPP LOLO et de Drogine. La qualité des eaux souterraines dans un le (BSK) est appréciée à partir des différents critères. Le calcul de des indices de qualité de l'eau a permis d'identifier les classes de de qualité d'eau souterraine et les différents usages possibles. Dans l'ensemble, les eaux sont de bonnes qualités et peuvent être utilisé pour la consommation, l'irrigation et pour l'industrie.

MOTS-CLEFS: qualité et potabilité, eaux souterraines, systems aquifers, basin sédimentaire de kandi.

1 INTRODUCTION

La question de l'accès à l'eau potable constitue un enjeu capital pour l'humanité toute entière au point que les instances internationales l'ont inscrite dans les Objectifs du Millénaire pour le Développement (OMD). La pertinence de cet enjeu réside dans le fait que la proportion de personnes n'ayant pas accès de façon durable à une eau de boisson salubre est très élevée. En effet, depuis 2015, l'Organisation des Nations Unies considère que 884 millions de personnes dans le monde n'ont pas accès

à une eau potable de qualité. Au Bénin, les eaux souterraines sont fortement sollicitées pour l’approvisionnement en eau potable (AEP) de la population du fait de leur quantité et de la rentabilité économique de leur exploitation, ceci comparé aux eaux de surface (Gbewezoun, 2013). Mais toute dégradation de leur qualité est en mesure d’affecter la santé des consommateurs. A l’échelle du bassin sédimentaire de Kandi (BSK), l’une des quatre provinces hydrogéologiques et bassin cotonnier du Bénin, les ressources en eau disponibles sont soumises à une forte pression exercée du fait des pratiques agropastorales. En effet, l’agriculture, principale activité du bassin nécessite une utilisation intensive des intrants agricoles. Ces intrants agricoles composés de produits phytosanitaires, de fertilisants et de biostimulants constituent un danger majeur pour les ressources en souterraines et de surfaces (Babut, 1984; Traoré et al., 2006; Ghazi et al., 2013; Adjagodo et al., 2016). La disponibilité et la qualité des eaux souterraines rendraient la ressource relativement propice à l’AEP des populations. Mais la forte pression démographique observée dans la zone et le développement sans cesse et mal contrôlé des activités anthropiques autour des points d’eau peuvent affecter la disponibilité en quantité comme en qualité à moyen et long terme des ressources en eau. L’objectif de cette étude est d’apprécier la qualité des eaux souterraines dans le système aquifère du bassin sédimentaire de Kandi.

2 MATERIELS ET METHODES

PRÉSENTATION DU CADRE D’ÉTUDE

La présente étude a été réalisée dans la commune de Kandi, située au Nord-Est du Bénin (figure 1). Elle est localisée au centre du département de l’Alibori. Située entre 10°55’ et 11°39’ de latitude Nord et 2°38’ et 3°15’ de longitude Est, elle s’étend sur une superficie de 3.421 km².

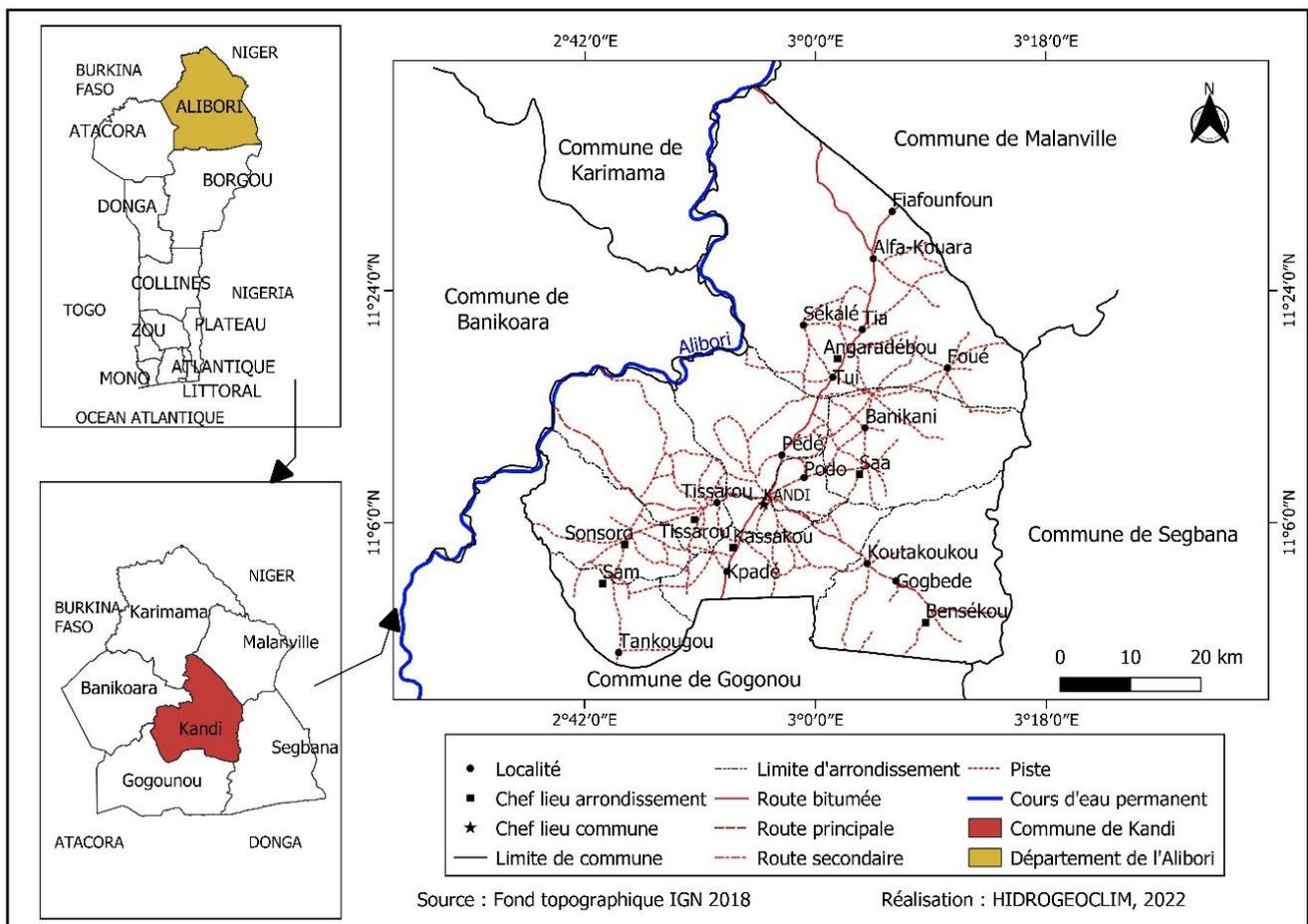


Fig. 1. Situation géographique de la Commune de Kandi

Les caractéristiques des aquifères du bassin ont été amplement décrites par Vinel (2017). Celles-ci présentent deux formations:

- à la base et sur la périphérie nord du bassin, une formation d'épaisseur moyenne 35m, composée essentiellement de grès et de conglomérats reposants en discordance sur le socle précambrien. Elle correspondrait à la Formation Continentale de Wèrè (Cambro-Ordovicien) décrite par Boukari (2007).
- la Formation sus-jacente constitue l'essentiel de l'aquifère phréatique et est traversée par les forages d'exploitation sur une épaisseur moyenne de 60m. Elle est composée essentiellement de grès reposant sur la formation dite de Wèrè. Elle correspondrait donc à la Formation de Kandi (Ordovicien Supérieur à Silurien Inférieur). Elle est surmontée au bord du Niger par une formation à faciès variées, correspondant principalement aux alluvions plus ou moins gréséo-argileuses du Niger d'âge Quaternaire (Alidou, 1983). Ces deux niveaux constitueraient l'aquifère supérieur décrit par Boukari (2007).

ECHANTILLONNAGE ET DOSAGE DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

L'évaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines dans le secteur d'étude a été possible à l'aide d'échantillonnage d'eau prélevée au cours d'une campagne en Novembre 2022. Ainsi des paramètres physico-chimiques, mesurés au laboratoire, ont servi à l'évaluation de la qualité de ces eaux souterraines.

L'échantillonnage a été fait au niveau de 10 points d'eau qui sont des forages destinés à l'approvisionnement en eau potable (AEP). La figure 2 montre la répartition spatiale des points d'échantillonnage. La taille de l'échantillonnage fait une large couverture de la commune de Kandi. Pour ce faire, des bouteilles en plastique de 1,5 litre préalablement lavées et rincées au laboratoire ont été complètement remplies d'eau. Ces dernières sont ensuite hermétiquement fermées pour éviter toute fuite de gaz. Une fois les échantillons prélevés, les flacons de bouteilles sont placés dans une glacière contenant de la glace pour être conservés à une température de 04°C jusqu'au Laboratoire d'Hydrologie Appliquée de l'Institut National de l'Eau; où ils sont gardés à la même température jusqu'à la date des analyses.

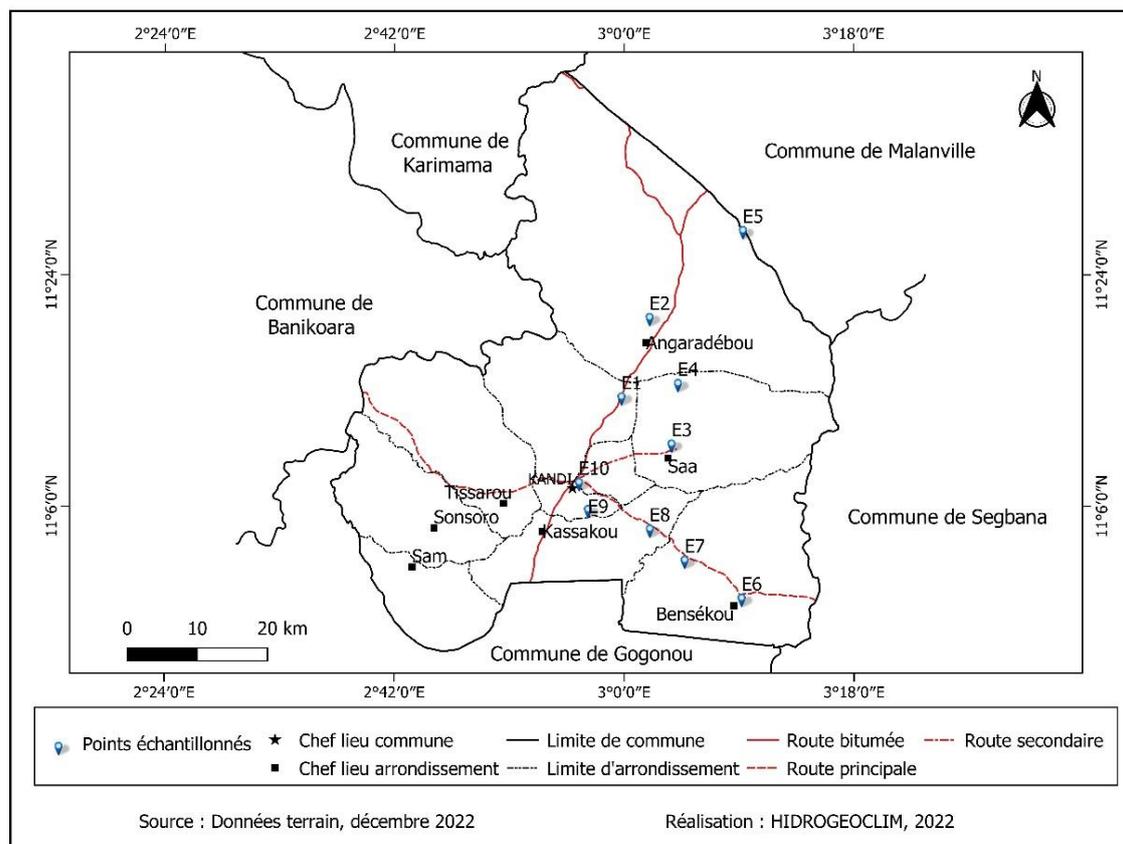


Fig. 2. Répartition spatiale des points d'échantillonnage dans la commune de Kandi

Le pH, la température (T°C), le sel total dissous (TDS) et la Conductivité Electrique (CE) ont été mesurés grâce à un pH/Oxi mètre WTW 340i dont la sonde rincée et plongée dans un b cher contenant l'échantillon affiche à l'écran et après stabilisation, les valeurs relatives des trois paramètres. Les paramètres chimiques tels que le calcium (Ca²⁺), le magnésium (Mg²⁺) et le chlorure (Cl⁻) sont dosés par la méthode volumétrique. D'autres paramètres dont la couleur, le sulfate (SO₄²⁻), le nitrite (NO₂⁻), le nitrate (NO₃⁻), le phosphate (PO₄³⁻), le fluorure (F⁻), l'iodure (I⁻), l'ammonium (NH₄⁺) et le fer (Fe²⁺) sont faits par la méthode de spectrométrie. Les protocoles de dosages de ces paramètres ont été faits par les méthodes standards d'analyse telles que décrites par Rodier et al., (2009) ou suivant les catalogues de l'appareillage utilisé.

APPRECIATION DE LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

Les valeurs brutes des paramètres physico-chimiques obtenues ont servi au calcul d'Indice de Qualité des Eaux (IQE). L'IQE, par définition, est une méthode qui permet de déterminer le potentiel d'utilisation d'une eau en comparant sa qualité observée avec les critères de qualité exigés pour différents usages (Michel Provencher, 2013). C'est une technique de classification de la qualité de l'eau qui repose sur la comparaison des paramètres de qualité de l'eau avec les normes internationales ou nationales béninoises dans le cadre de cette étude. Il résume de grandes quantités de données sur la qualité de l'eau en termes simples (Excellente, Bonne, Mauvaise, Très mauvaise, etc.). Dix-sept (17) utilisations de l'eau ont été considérées et les paramètres importants pour chaque classe d'utilisation ont été déterminés. Etant donné le très grand nombre de paramètres pouvant être considéré, il a fallu faire un choix. Chaque classe d'utilisation possède ses propres besoins et chacun des groupes de paramètres que nous avons retenus, par classe, fut choisi de façon à représenter le mieux possible les exigences de celle-ci. Les paramètres ainsi définis pour une eau destinée à la consommation sont: la couleur apparente, les solides dissous, la turbidité, les coliformes fécaux, l'alcalinité totale, le chlorure, la dureté, les nitrates, l'oxygène dissous, le pH et les sulfates qui sont les paramètres de base; et les fluorures, les phénols et le mercure qui sont des paramètres complémentaires. Mais ceux utilisés dans notre étude ici sont: le pH, la température, la conductivité, les nitrates, les sulfates, le phosphate et les chlorures. Dans cette étude, l'indice IQE est appliqué pour estimer l'influence des facteurs naturels et anthropiques sur la base de plusieurs paramètres clés du chimisme des eaux. Il est calculé en suivant la méthode de l'indice arithmétique pondéré (Brown et al., 1970; Brown et al., 1972; Chatterji et Raziuddin, 2002; Yidana et Yidana, 2010). Dans cette approche, une valeur numérique appelée poids relatif (Wi), spécifique à chaque paramètre physico-chimique, est calculée selon la formule suivante:

$$W_i = \frac{k}{S_i}$$

Où: k: constante de proportionnalité et peut également être calculée à l'aide de l'équation suivante:

$$k = \frac{1}{\sum_{i=1}^n (1/S_i)}$$

Où: n: nombre de paramètres; Si: valeur maximale de la norme standard béninoise des eaux de consommation (Normes de qualité des eaux destinées à la consommation de l'eau potable en République du Bénin, 2001) de chaque paramètre en mg/l sauf pour le pH, la T°C et la conductivité électrique. Ensuite, une échelle d'évaluation de la qualité (Qi) est calculée pour chaque paramètre en divisant la concentration par la norme dudit paramètre et en multipliant l'ensemble par 100 comme dans la formule suivante:

$$Q_i = \left(\frac{C_i}{S_i} \right) \times 100$$

Avec Qi:  chelle d'évaluation de la qualité de chaque paramètre; Ci: la concentration de chaque paramètre en mg/l. Finalement l'indice global de la qualité de l'eau est calculé par l'équation suivante:

$$IQE = \frac{\sum_{i=1}^n Q_i \times W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

Cinq classes de qualité peuvent être identifiées selon les valeurs de l'indice de qualité de l'eau IQE (Tableau 1).

Tableau 1. Classification et usage possible de l'eau selon l'IQE (Brown et al., 1972; Chatterji et Raziuddin, 2002; Aher et al., 2016)

| Classe de IQE | Type d'eau | Usage possible |
|---------------|-----------------------|---|
| 0-25 | Excellente qualité | Eau potable, irrigation et industrie |
| >25-50 | Bonne qualité | Eau potable, irrigation et industrie |
| >50-75 | Mauvaise qualité | Irrigation et industrie |
| >75-100 | Très mauvaise qualité | Irrigation |
| >100 | Eau non potable | Traitement approprié requis avant utilisation |

Aussi la qualité des eaux souterraines a été appréciée suivant l'étude des paramètres de pollution et l'interprétation d'une grille simplifiée (tableau 2) à savoir la conductivité électrique et les ions chlorures qui renseignent sur la qualité minéralogique des eaux puis les nitrates qui constituent des indicateurs d'une pollution d'eau souterraine (Nordine Nouayi and al, 2015).

Tableau 2. Grille simplifiée pour l'évaluation de la qualité globale des eaux souterraines

| | Paramètres | | |
|---------------|---|--------------------------------|-------------------------------|
| | Conductivité Électrique $\mu\text{S}/\text{cm}$ | Chlorures mg/l | Nitrates mg/l |
| Excellente | Inférieure à 400 | Inférieure à 200 | < 5 |
| Bonne | 400-1300 | 200-300 | 5-25 |
| Moyenne | 1300-2700 | 300-750 | 25-50 |
| Mauvaise | 2700-3000 | 750-1000 | 50-100 |
| Très mauvaise | Supérieure à 3000 | Supérieure à 1000 | >100 |

L'indice de pollution organique (IPO) de Leclercq (2001) a été utilisé pour évaluer la charge organique des eaux analysés. Son principe est de répartir les valeurs des éléments polluants en 05 classes (Tableau 3 et tableau 4). Cet indice s'obtient au moyen des valeurs des ammoniums, nitrites et des phosphates. Le principe du calcul est de répartir les valeurs des trois éléments polluants en cinq classes et de déterminer, à partir des valeurs obtenues dans l'étude, le numéro de classe correspondant pour chaque paramètre en se servant des données moyennes du tableau. L'indice de pollution organique final est la moyenne des classes de pollution pour l'ensemble des paramètres.

Tableau 3. Grille des classes de l'indice de pollution organique (Leclercq, 2001)

| Paramètres Classes | Ammonium (mg/L) | Nitrites ($\mu\text{g}/\text{L}$) | Phosphates ($\mu\text{g}/\text{L}$) |
|--------------------|-----------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|
| 5 | < 0,1 | 5 | 15 |
| 4 | 0,1 – 0,9 | 6 – 10 | 16 – 75 |
| 3 | 1 – 2,4 | 11 – 50 | 76 – 250 |
| 2 | 2,5 – 6 | 51 – 150 | 251 – 900 |
| 1 | >6 | >150 | >900 |

Tableau 4. Grille des classes de l'indice de pollution organique (Leclercq, 2001)

| Moyenne des classes | Caractérisation de la pollution organique |
|---------------------|---|
| 5 – 4,6 | Nulle |
| 4,5 – 4 | Faible |
| 3,9 – 3 | Modérée |
| 2,9 – 2 | Forte |
| 1,9 - 1 | Très forte |

3 RESULTATS ET DISCUSSION

EVALUATION DES TENEURS DES PARAMÈTRES PHYSICO-CHIMIQUES

Les figure 3 traduit la variation de la conductibilité électrique, du pH, du taux de solides dissous et de la température des échantillons constitués. Il ressort que les températures comprises entre 29 – 32.8 °C sont supérieures que celle de la norme de potabilité (25 °C) recommandé au Bénin. Aussi le taux de solides dissous comprises entre 06 ppm et 584 ppm sont parfois supérieurs à la norme béninoise (500ppm). Les valeurs des pH sont dans les normes de qualité à l’exception des échantillons de EPP LOLO et de Drogine. Il est en est de même pour les conductibilités électriques.

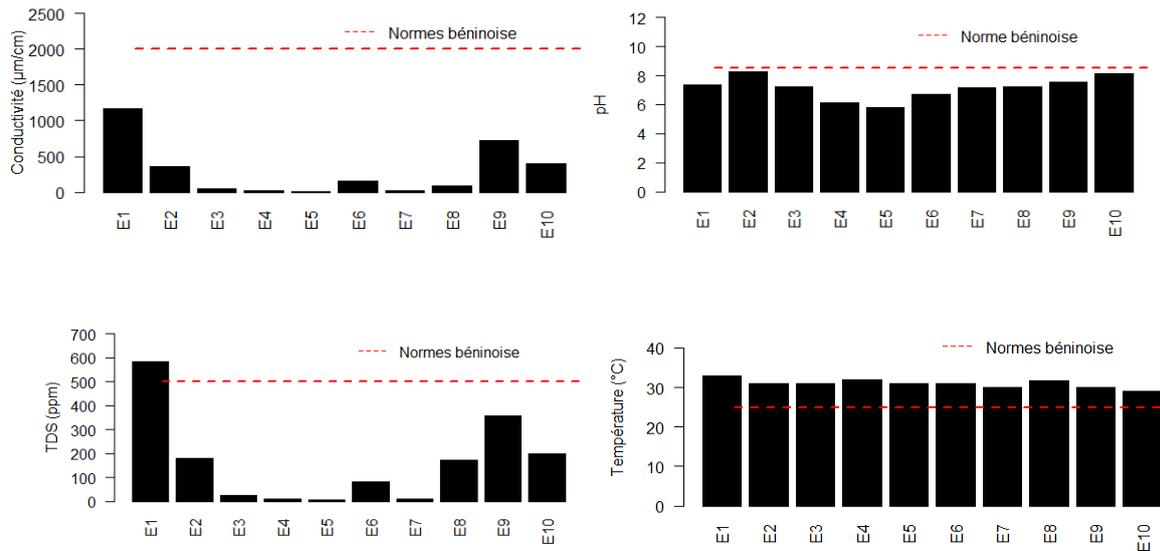


Fig. 3. Valeurs de la conductibilité électrique, du pH, du taux de solides dissous et de la température dans les échantillons

La figure 4 montre les teneurs en composés azotés et phosphatés des eaux souterraines dans la commune de Kandi. On note que les teneurs en nitrates comprises entre 0 - 50,30 mg/l sont parfois au-dessus (E1 et E9) de la valeur admissible par la norme béninoise (45 mg/l). La concentration de l’ammonium est comprise entre 0,13 - 0,73 mg/l et parfois supérieur (0,73 mg/l à E1) à la valeur de la norme béninoise (0,5 mg/l). Les eaux souterraines dans les localités de Idokofo et Sota peulh sont sujettes à un risque de pollution organique. Mais les teneurs sont presque nulles et comprises entre (0.019 - 0.037 mg/l) et reste inférieur à la valeur normale béninoise (3,2 mg/l). Il en est de même pour la concentration en phosphate est très inférieur à 5 mg/l pour le seuil de potabilité.

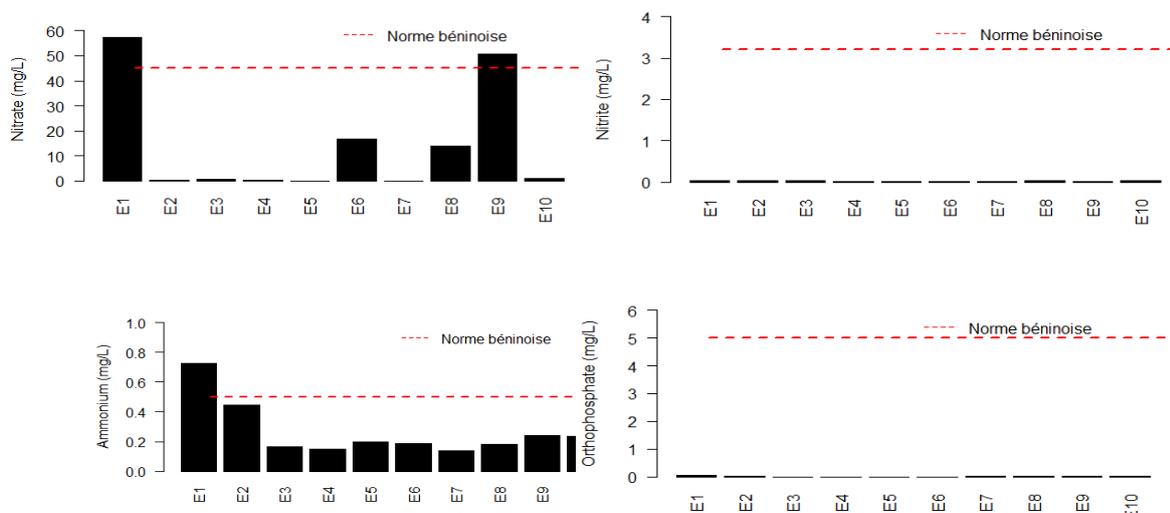


Fig. 4. Teneurs en composés azotés et phosphatés dans les échantillons

Les concentrations en magnésium, calcium, sulfate et chlorure sont présentées dans la figure 5. Ces différentes concentrations dans les eaux sont relativement très faible et sont dans les normes de potabilité de l'eau souterraine.

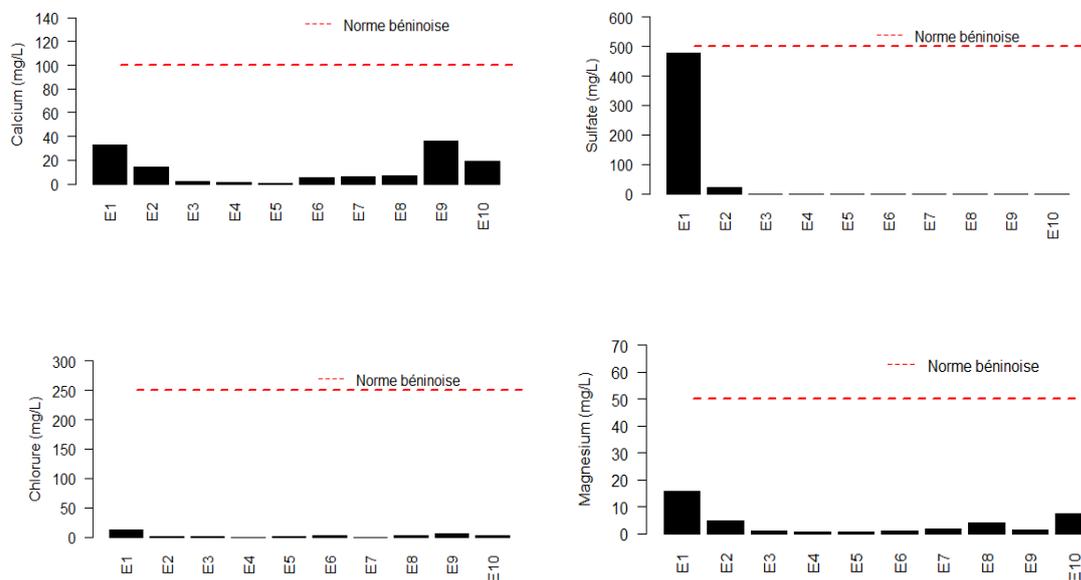


Fig. 5. Teneur en Calcium, Magnésium, Sulfate et Chlorure dans les échantillons

APPRECIATION DE LA QUALITÉ DES EAUX SOUTERRAINES

La qualité des eaux souterraines dans le bassin sédimentaire de Kandi a été appréciée à partir de différents critères. Le calcul de l'indice de qualité de l'eau IQE (tableaux 5 et 6) a permis d'identifier les classes de qualité d'eau souterraine et les

différents usages possibles. Dans l'ensemble les eaux sont de bonne qualité et peuvent être utilisé pour la consommation, l'irrigation et pour l'industrie.

Tableau 5. Tableau récapitulatif des Indices de Qualité de l'Eau pour chaque échantillon

| Echantillons | E1 | E2 | E3 | E4 | E5 | E6 | E7 | E8 | E9 | E10 |
|--------------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| IQE | 102,16 | 65,88 | 30,15 | 23,73 | 28,65 | 28,30 | 22,04 | 28,37 | 37,58 | 38,16 |

Tableau 6. Tableau récapitulatif de la qualité et des usages de l'eau pour chaque échantillon

| Echantillons | IQE | Classes | Types d'eau | Usages possible |
|--------------|---------|---------|--------------------|---|
| E1 | 102,164 | >100 | Eau non potable | Traitement approprié requis avant utilisation |
| E2 | 65,883 | >50-75 | Mauvaise qualité | Irrigation et industrie |
| E3 | 30,153 | >25-50 | Bonne qualité | Eau potable, irrigation et industrie |
| E4 | 23,733 | 0-25 | Excellente qualité | Eau potable, irrigation et industrie |
| E5 | 28,653 | >25-50 | Bonne qualité | Eau potable, irrigation et industrie |
| E6 | 28,308 | >25-50 | Bonne qualité | Eau potable, irrigation et industrie |
| E7 | 22,047 | 0-25 | Excellente qualité | Eau potable, irrigation et industrie |
| E8 | 28,380 | >25-50 | Bonne qualité | Eau potable, irrigation et industrie |
| E9 | 37,582 | >25-50 | Bonne qualité | Eau potable, irrigation et industrie |
| E10 | 38,165 | >25-50 | Bonne qualité | Eau potable, irrigation et industrie |

Les différentes classes de l'IPO (tableau 7) ont montré que les eaux analysées sont d'une très forte pollution organique.

Tableau 7. Différentes classes de l'indice de pollution organique des eaux analysées

| Echantillons | Ammonium | classes | Nitrite | classes | Orthophosphate | classes | classes éch |
|--------------|----------|---------|---------|---------|----------------|---------|-------------|
| E1 | 0,72 | 4 | 0,03 | 0 | 0,04 | 0 | 1,33 |
| E2 | 0,44 | 4 | 0,02 | 0 | 0,01 | 0 | 1,33 |
| E3 | 0,17 | 4 | 0,02 | 0 | 0,001 | 0 | 1,33 |
| E4 | 0,16 | 4 | 0,01 | 0 | 0,001 | 0 | 1,33 |
| E5 | 0,19 | 4 | 0,01 | 0 | 0,001 | 0 | 1,33 |
| E6 | 0,18 | 4 | 0,01 | 0 | 0 | 0 | 1,33 |
| E7 | 0,13 | 4 | 0,02 | 0 | 0,008 | 0 | 1,33 |
| E8 | 0,18 | 4 | 0,02 | 0 | 0,004 | 0 | 1,33 |
| E9 | 0,24 | 4 | 0,02 | 0 | 0,004 | 0 | 1,33 |
| E10 | 0,23 | 4 | 0,02 | 0 | 0,019 | 0 | 1,33 |

L'appréciation de la qualité globale des eaux souterraines constituées est illustrée dans le tableau 8 et montre que les eaux souterraines analysées sont d'une qualité moyenne excellente.

Tableau 8. Tableau récapitulatif de la qualité de l'eau souterraine

| Echantillons | Conductivité en $\mu\text{m/cm}$ | Qualité | Chlorure | Qualité | Nitrate | Qualité | Qualité éch |
|--------------|----------------------------------|------------|----------|------------|---------|------------|-------------|
| E1 | 1168 | Bonne | 11,7 | Excellente | 57,295 | Mauvaise | Moyenne |
| E2 | 362 | Excellente | 0,4 | Excellente | 0,094 | Excellente | Excellente |
| E3 | 48 | Excellente | 0,2 | Excellente | 0,384 | Excellente | Excellente |
| E4 | 20 | Excellente | 0,1 | Excellente | 0,094 | Excellente | Excellente |
| E5 | 12 | Excellente | 0,6 | Excellente | -0,108 | Excellente | Excellente |
| E6 | 162 | Excellente | 2,7 | Excellente | 16,814 | Bonne | Très bonne |
| E7 | 20 | Excellente | 0,1 | Excellente | -0,195 | Excellente | Excellente |
| E8 | 86 | Excellente | 2,2 | Excellente | 13,858 | Bonne | Très bonne |
| E9 | 718 | Bonne | 5,6 | Excellente | 50,601 | Mauvaise | Moyenne |
| E10 | 396 | Excellente | 1,9 | Excellente | 0,732 | Excellente | Excellente |

4 DISCUSSION

L'étude de la qualité et la potabilité des eaux souterraines des systèmes aquifères du Bassin Sédimentaire de Kandi étudié à partir de l'évaluation des paramètres physico-chimiques, de l'indice de qualité de l'eau (IQE), de pollution organique (IPO) puis de la grille pour la qualité minéralogique, indiquent que les eaux souterraines de la région d'étude sont généralement de bonne qualité. L'évaluation des paramètres physico-chimique a été fait à base des échantillons prélevés au niveau de dix (10) points d'AEP, lors de la campagne d'échantillonnage effectuée au mois de Novembre 2022. Cette évaluation physico-chimique indique que les paramètres physiques tels que le pH, la température (29-32°C) et le TDS (584 ppm) ont dépassés le seuil de la norme béninoise sur certains sites. Quant aux paramètres chimiques, les valeurs obtenues sur certains sites pour les paramètres comme l'ammonium (0,7mg/L) et les nitrates (>50 mg/L) ne sont pas conformes à la norme béninoise qui est de 0.5 mg/L pour l'ammonium et de 45 mg/L pour les nitrates. Houéfondé (2014), est dans cette même optique et formule que ce sont des zones de forte activité de culture et d'élevage de bétail facilitant ainsi l'obtention des composés azotés (nitrate et ammonium pour ce qui nous concerne ici). Ces résultats sont similaires à ceux obtenus par Mehounou et al., (2016) au Bénin dans la commune d'Aplahoué où les valeurs obtenues pour la température varient de 27,7 à 31,5°C et les valeurs des paramètres comme l'ammonium, le nitrate et les TDS qui se rapprochent des nôtres. La qualité des eaux souterraines dans le bassin sédimentaire de Kandi appréciée à partir du calcul de l'indice de qualité de l'eau IQE a permis d'identifier les classes de qualité d'eau souterraine et les différents usages possibles. L'analyse de l'IQE sur le BSK indique que seuls deux sites (S1 et S2) sur dix (10) c'est-à-dire 20% des sites étudiés ont une valeur supérieure à 60 qui respectivement est de 102,164 et 65,883 sur chacun de ces deux sites. Ces valeurs obtenues confèrent aux eaux de ces points une nature non potable et de mauvaise qualité sur la base de la classification de la qualité et usage possible de l'eau établie par Brown et al., 1972; Chatterji et Raziuddin, 2002; Aher et al., 2016. Des résultats concordants et très similaires ont été aussi observés au Maroc sur la base de l'indice IQE (Bekri et al., 2020) où 20% des sites possèdent une eau de mauvaise qualité (62.254) à non potable (393,923). L'indice de pollution organique (IPO) sur tous les sites est de 4.66 donc nulle (5-4,6) selon la classification de Leclerc (2001), résultats rapprochés de ceux trouvés par Bekri et al., (2020). L'appréciation de la qualité globale des eaux souterraines montre que les eaux souterraines analysées sont d'une qualité moyenne à excellente. Dans l'ensemble les eaux sont de bonne qualité et peuvent être utilisé pour la consommation, l'irrigation et pour l'industrie.

5 CONCLUSION

Cette recherche est une contribution à une meilleure appréciation de la qualité des eaux. Il est à retenir que dans le bassin sédimentaire de Kandi la qualité des eaux souterraines dépend de l'analyse des paramètres physico-chimiques qu'elles renferment et le calcul des indices de qualité de ces eaux dans les systèmes aquifères. Au Bénin, en matière d'AEP les eaux souterraines sont les exploités donc il convient que cette eau soit de bonne qualité pour des fins de consommation domestique, industrielle et autres. Pour y arriver il faut une bonne classification et usage possible de l'eau et une évaluation de la charge organique des eaux analysée afin d'apprécier sa qualité pour les usages possibles.

REFERENCES

- [1] Adjagodo A., Agassounon Djikpo Tchibozo M., Kelomè N.C., Lawani R., (2016). Flux des polluants liés aux activités anthropiques, risques sur les ressources en eau de surface et la chaine trophique à travers le monde: synthèse bibliographique. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 10 (3): 1459-1472.
- [2] Aher, D. N., Kele, V. D., Malwade, K. D., & Shelke, M. D. (2016). Lake Water Quality Indexing To Identify Suitable Sites For Household Utility: A Case Study Jambhulwadi Lake; Pune (MS). *Int. Journal of Engineering Research and Applications*, 6 (5), (pp.16-21).
- [3] Alidou, S. (1983). Etude géologique du bassin paléo-mésozoïque de Kandi, Nord-Est du Bénin (Afrique de l'Ouest). Thèse de doctorat ès-Sciences, 328 p. Université de Dijon, France.
- [4] Marc Babut, (1984). Eaux d'alimentation en zone rurale ivoirienne: approche de la qualité chimique (éléments toxiques et indésirables) et de la vulnérabilité des aquifères, *Journal des missions évangéliques* > n°4 [01/12/1984]. - pp. 177-178.
- [5] Hachem Bekri, M., El Hmaidi, A., Jaddi, H. J., Kasse, Z., Mati El Faleh, E. M. E. F., Essahlaoui, A., & El Ouali, A. (2020). Utilisation Des Indices De Qualité Et De Pollution Organique Dans L'évaluation De La Qualité PhysicoChimique Des Eaux Superficielles Des Oueds Moulouya et Ansegmir (Haute Moulouya, NE Du Maroc). *European Scientific Journal, ESJ*, 16 (27), 55. <https://doi.org/10.19044/esj.2020.v16n27p55>.
- [6] Boukari, M., (2007). Hydrogéologie de la République du Bénin (Afrique de l'Ouest). *Africa Geoscience Review* Vol. 14 No. 3, pp. 303-328.

- [7] Brown, R. & Hanlon, C. (1970). Derivational complexity and order of acquisition in child speech. In Hayes, J. R. (ed.), *Cognition and the development of language*. New York: Wiley.
- [8] Brown, J. J., Davies, D. L., Ferriss, J. B., Fraser, R., Haywood, E., Lever, A. F., & Robertson, J. I. S. (1972). Comparison of Surgery and Prolonged Spironolactone Therapy in Patients with Hypertension, Aldosterone Excess, and Low Plasma Renin. June, 729–734.
- [9] Chatterji, C., & Raziuddin, M. (2002). Determination of water quality index (WQI) of a degraded river in Asanil industrial area, Ranigunj, Burdwan, west Bengal. *Nature: Environment and Pollution Technology*, 1 (2), 181–189.
- [10] Gbewezoun, H. G. V. (2013). Caractérisation hydrogéologique de l'aquifère du plateau d'Allada dans la zone de Kpanroun (commune d'Abomey-Calavi). Mémoire de Licence, UAC / FAST / Formation en Hydrologie, 47p + annexes.
- [11] Ghazali D., Zaid A., (2013). Etude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès – Maroc). *Larhyss journal*, ISSN 1112-3680, N° 12, pp25-36.
- [12] Leclercq L. (2001). Les eaux courantes: caractéristiques et moyens d'étude, dans les zones humides. Actes des colloques organisés en 1996 par le Ministère de la Région Wallonne dans le cadre de l'Année Mondiale des Zones Humides, Jambes, Région Wallonne, DGRNE. pp. 67-82.
- [13] Mehounou, J.P., Josse, R.G., Dossou-Yovo, P., Senou, S.F., & Toklo, R.M. (2016). Caractérisation physico-chimique et microbiologique des eaux souterraines et superficielles dans la zone de production cotonnière d'Aplahoué. *J. Appl. Biosci.* 103: 9841 – 9853.
- [14] Michel Provencher, (2013). Indice de la qualité des eaux, *Revue canadienne des ressources hydriques*, Volume 4, 1979 - Issue 2, Pages 82-93.
- [15] Nordine, Khattach, D., & Hilali, M. (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique des eaux souterraines des nappes du Jurassique du haut bassin de Ziz (Haut Atlas central, Maroc) Assessment of physico-chemical quality of groundwater of the Jurassic aquifers in high basin of Ziz (Central High A. 6 (4), 1068–1081.
- [16] RODIER J. et al. (2009). *L'analyse de l'eau*, 9e édition. DUNOD (éditeur), Paris, France. 1579 p.
- [17] Traoré SK, Mamadou K, Dembele A, Lafrance P, Mazellier P, Houenou P, (2006). Contamination de l'eau souterraine par les pesticides en régions agricoles en Côte-d'Ivoire (centre, Sud et Sud-Ouest). *Journal Africain des Sciences de l'Environnement* 1: 1-9.
- [18] Yidana, S. M., & Yidana, A. (2010). Assessing water quality using water quality index and multivariate analysis. *Environmental Earth Sciences*. 59, 2010.