



**UNIVERSITÉ
DE GENÈVE**

FACULTÉ DES SCIENCES

Section des Sciences de la Terre et de l'Environnement
Département F.-A. Forel des Sciences de l'Environnement et de l'Eau
Groupe de microbiologie environnementale
66 boulevard Carl-Vogt
1211 Genève 4
John Poté, PhD
John.pote@unige.ch

Tél. Direct: 0041 22 379 03 21

Evaluation de la qualité physicochimique et bactériologique des eaux des forages et des sources de la ville de Parakou, Bénin



Rapport, novembre 2025

Résumé

Depuis l'année 2012, le département F.-A. Forel des Sciences de l'Environnement et de l'Eau (DEFSE) de l'Université de Genève (UNIGE) collabore avec les institutions académiques et associatives pour des projets sur la protection des ressources en eau et de l'environnement en Afrique Sub-Saharienne face au changement climatique. C'est dans ce cadre que le DEFSE notamment le groupe de microbiologie environnementale collabore avec l'association PALMIER de Genève pour l'approvisionnement en eaux potable en milieux scolaires au Bénin. Ainsi, les analyses de la qualité de l'eau des puits et des sources sont nécessaires en vue de connaître la qualité de l'eau destinée à la consommation, pour une éventuelle mise en place d'un système de traitement.

Ce mandat est effectué dans les perspectives de la réalisation d'un travail de Master en Sciences de l'Environnement de l'UNIGE, dont le sujet a été proposé. Il a pour objectif de quantifier les paramètres physicochimiques (pH, oxygène dissout (O₂), température (T) et conductivité électrique (CE)) et bactériologiques (*Escherichia coli* (*E. coli*) et Entérocoques (ENT)), usuels pour l'évaluation de la qualité de l'eau à usage domestique. L'approche méthodologique utilisée est celle de l'Ordonnance Suisse du DFI sur les denrées alimentaires et les objets usuels, et de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les analyses ont été effectuées sur 11 échantillons d'eau prélevés dans les différents puits d'eau d'usage domestique. Deux échantillons d'eau (eau minérale commerciale et eau de robinet), provenant de la même région ont été analysés, pour servir de référence. Les résultats obtenus sont comparés aux exigences relatives à l'eau potable selon l'ordonnance Suisse du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (OPBD) et l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS).

Les résultats statistiquement quantitatifs indiquent les valeurs suivantes :

- A part O₂ pour certains puits, tous les paramètres physicochimiques de l'eau notamment le pH, CE et T° sont conformes aux normes Suisse et de l'OMS pour les eaux de boisson.
- A l'exception d'un seul puit, tous les 9 autres puits analysés dont l'eau est destinée à l'usage sont fortement contaminés par les indicateurs de la pollution fécale. Ces puits ne répondent pas aux normes Suisse et de l'OMS pour les eaux de boisson. La concentration des bactéries *Escherichia coli* et Entérocoque atteignent dans certains puits, les valeurs de 1066 et 86 CFU 100 mL⁻¹, respectivement.
- L'eau minérale commerciale et l'eau de robinet ne présentent pas la contamination aux indicateurs de la pollution fécale (0 CFU 100 mL⁻¹).

Avec les valeurs de concentrations élevées des bactéries indicatrices de la pollution fécale, nous recommandons fortement le traitement de ses eaux avant toute usage.

En attendant la mise en place d'un système de traitement, nous recommandons fortement la population à bouillir de l'eau avant tout usage.

Un travail de Master en Science de l'Environnement de l'UNIGE sera effectué dans ces sites pour évaluer la variation saisonnière de la qualité de l'eau et la mise en place d'un système de traitement.

Note : Ce mandat ne fait pas objet d'une prestation financière.

1. Mandat et objectif de l'étude

L'objectif principal de ce mandat est de déterminer la qualité physicochimique et bactériologique de l'eau des différents puits de forage situé dans la région de Parakou en République du Bénin. Cette étude a permis de déterminer si ces eaux sont conformes aux normes pour l'usage domestique.

2. Matériels et méthodes d'analyse

2.1. Conditionnement des échantillons

Date de prélèvement : 17 novembre 2025

Date de réception : 18 novembre 2025

Nombre d'échantillons reçus : 13

Conservation : chambre froide à 4°C (Figure 1)

Date d'analyse : Le même jour 2 heures après réception des échantillons



Fig. 1. Glacière de conservation des échantillons (photo prise par l'assistante Gisèle Kubindana (le 18 octobre 2025).

2.2. Prélèvement des échantillons d'eau

Les échantillons ont été prélevés par M. Thomas Seki Konde (Figure 2) conformément aux techniques développées au laboratoire de microbiologie environnementale de l'UNIGE. Une campagne d'échantillonnage a été effectuée en date du 17 novembre 2025.

Pour cette campagne, les échantillons ont été prélevés manuellement en triplicat dans des bouteilles de 500 mL en polypropylène, lavées et autoclavées. Avant l'échantillonnage, les bouteilles (stériles) ont été rincées trois fois avec de l'eau à prélever. Deux échantillons

témoins (T) ont été utilisés, soumis aux mêmes conditions analytiques que les eaux analysées.

Après prélèvement, les échantillons ont été conservés dans la glacière à environ 4°C puis transporté immédiatement vers la Suisse au laboratoire pour analyse dans les 24h

2.3. Analyse physicochimique de l'eau

Les paramètres physicochimiques suivant de l'eau ont été analysés :

- ✓ La température ;
- ✓ Le pH ;
- ✓ L'oxygène dissous ;
- ✓ La Conductivité Electrique.

Ces paramètres ont été mesurés à l'aide de la sonde multiparamètre de type Multi 350i (WTW, Allemagne).

2.4. Analyse bactériologique de l'eau

L'analyse bactériologique de l'eau s'est focalisée sur les bactéries indicatrices de la pollution fécale :

- ✓ *Escherichia coli* (*E. coli*)
- ✓ Entérocoques (ENT)

L'organisation mondiale de la santé (OMS) et l'Ordonnance du DFI sur les denrées alimentaires et les objets usuels (Ohyg, 2005), et l'Ordonnance Suisse du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (OPBD), recommandent l'utilisation de deux indicateurs de la pollution fécale *E. coli* et ENT pour évaluer la qualité microbiologique de l'eau en usage domestique. Cependant les bactéries Coliformes totaux (CT) et les germes aérobies mésophiles (AMB) indiquent la dégradation de la qualité de l'eau et d'éventuelle présence des organismes pathogènes, et surtout en milieu tropical et doivent aussi être analysées (OMS, 2011 ; 2017 ; 2020 ; EU, 2020 ; Kapembo et al., 2022). Pour des raisons techniques, les bactéries CT et AMB n'ont pas été analysées.

Les bactéries *E. coli* et ENT ont été quantifiées (voir annexe-1 : Description de la quantification des bactéries dans l'eau) par l'approche culturale sur membrane filtre. Il s'agit d'une méthode standard internationale et Suisse pour la qualité de l'eau et des aliments (APHA et al., 2005 ; Ohyg, 2005). Pour chaque échantillon, trois répliques ont été réalisées. Les résultats sont statistiquement exploités en fonction de la dilution et du volume d'eau filtré.

La concentration des paramètres bactériologiques est exprimée en unité formant colonie/100 mL d'eau (CFU 100 mL⁻¹).



Fig. 2. Prélèvement des échantillons par M. Thomas Seki Konde (Photo prise le 17 octobre 2025 à Parakou, Bénin)

3. Résultats

3.1. Résultats des paramètres physicochimiques de l'eau

Les valeurs moyennes des paramètres physicochimiques de l'eau, notamment le pH, l'oxygène dissout (O₂), la conductivité électrique (CE) et la température (T) sont présentées dans le Tableau 1.

Les valeurs de pH et de CE sont conformes aux normes, tandis que les valeurs de O₂ sont légèrement supérieures ou inférieures, mais acceptables selon les normes de l'OPBD et de l'OMS.

Tableau 1. Paramètres physico-chimiques de l'eau des différents échantillons du Bénin

| Code | Label | pH | Oxygène dissous (mg/L) | Conductivité (µS/cm) | T (°C) |
|---------------|---------------------------|----------------|------------------------|----------------------|--------------|
| 1B | Eau minérale | 6,63 | 9,21 | 54,9 | 21,5 |
| 2A | Eau de robinet | 6,55 | 9,02 | 91,6 | 21,6 |
| PC1 | Puits construit 1 | 7,50 | 7,50 | 390,0 | 22,0 |
| PC2 | Puits construit 2 | 6,60 | 7,03 | 172,9 | 21,7 |
| PC3 | Puits construit 3 | 6,43 | 7,17 | 120,8 | 22,0 |
| PC4 | Puits construit 4 | 6,66 | 7,26 | 293,0 | 21,8 |
| PCOM1 | Puits communautaire 1 | 6,93 | 8,47 | 283,0 | 21,8 |
| PCOM2 | Puits communautaire 2 | 6,94 | 8,97 | 65,6 | 22,1 |
| PCOM3 | Puits communautaire 3 | 6,82 | 8,56 | 155,6 | 21,9 |
| PE1 | Puits commun 1 | 6,55 | 7,93 | 333,0 | 21,5 |
| PE2 | Puits commun 2 | 7,55 | 8,58 | 339,0 | 21,4 |
| PE3 | Puits commun 3 | 7,28 | 8,25 | 402,0 | 21,6 |
| PE4 | Puits commun 4 | 7,75 | 8,90 | 883 | 21,5 |
| Normes | OMS/EU^a | 6.5–9.5 | 4–6 | 800 | 12–25 |
| | OPBD^b | 6.8–8.2 | 5 | 800 | N/d |

Légende :

OMS/EU^a : Valeurs limites relatives à l'eau potable selon l'organisation mondiale de la santé et l'Union Européenne.

OPBD^b : Valeurs limites relatives selon l'Ordonnance Suisse du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public.

N/d : valeur non indiquée.

3.2. Résultats des paramètres bactériologiques de l'eau

Le dénombrement des bactéries (*Escherichia coli* (*E. coli*) et Entérocoques (ENT) est présenté dans le Tableau 2. A part le puit construit 2, les autres puits sont caractérisés par la présence des bactéries *Escherichia coli* et/ou Entérocoque. Cela indique que l'eau provenant de ces puits ne sont pas conformes aux normes requises pour l'usage domestiques, notamment pour l'eau de boisson.

La présence des bactéries *Escherichia coli* et Entérocoques n'ont pas été détectée dans l'eau minérale commerciale et de robinet. Toutefois, nous proposons d'autres analyses notamment la détection des coliformes totaux et des germes aérobies mésophiles pour l'eau de robinet.

Tableau-2. Concentration moyenne des bactéries (*Escherichia coli* (*E. coli*) et *Entérocoques* (ENT), exprimée en CFU 100 mL⁻¹

| Code | Label | Nombre moyen de colonies d' <i>E. coli</i> (UFC 100 mL ⁻¹) | Nombre moyen de colonies d'Entérocoques (UFC 100 mL ⁻¹) |
|---------------|---------------------------|------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| 1B | Eau minérale | 0 | 0 |
| 2A | Eau de robinet | 0 | 0 |
| PC1 | Puits construit 1 | 0 | 2,5 |
| PC2 | Puits construit 2 | 0 | 0 |
| PC3 | Puits construit 3 | 0 | 16,5 |
| PC4 | Puits construit 4 | 0,5 | 3,5 |
| PCOM1 | Puits communautaire 1 | 1066 | 21 |
| PCOM2 | Puits communautaire 2 | 870,7 | 64 |
| PCOM3 | Puits communautaire 3 | 418 | 37,5 |
| PE1 | Puits commun 1 | 1 | 3,5 |
| PE2 | Puits commun 2 | 304 | 86 |
| PE3 | Puits commun 3 | 13 | 62,5 |
| PE4 | Puits commun 4 | 590 | 62,5 |
| Normes | OMS/EU^a | 0 | 0 |
| | OPBD^b | 0 | 0 |

Légende :

OMS/EU^a : Valeurs limites relatives à l'eau potable selon l'organisation mondiale de la santé et l'Union Européenne.

OPBD^b : Valeurs limites relatives selon l'Ordonnance Suisse du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public.

La présence d'*E. coli* et Entérocoques (ENT) ont été détectées et dénombrées sur la membrane filtre (Figure 3).

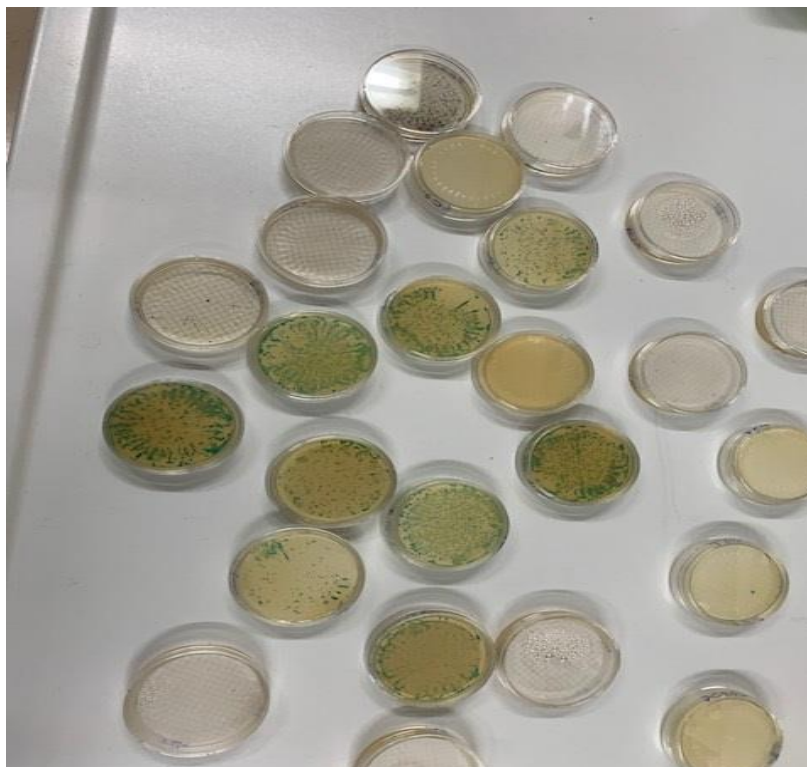


Fig. 3. Dénombrement des bactéries *E. coli* sur la membrane filtre incubée sur le milieu sélectif de culture Tryptone Bile X-Glucuronide (TBX).

4. Conclusion et recommandations

Ce mandat permet de dégager les conclusions suivantes :

- L'eau analysée présente les valeurs de paramètres physicochimiques acceptables selon les normes de l'OPBD, OMS et EU.
- Les échantillons d'eau analysée présentent des concentrations importantes des bactéries *E. coli* et ENT supérieures aux normes Suisse, de l'OMS et de l'UE.
- L'absence des bactéries *E. coli* et ENT dans les échantillons d'eau de robinet indique que cette eau ne présente pas de contamination d'origine fécale. Toutefois, les analyses complémentaires notamment des germes aérobies mésophiles et des coliformes totaux sont nécessaires pour savoir l'éventuelle dégradation de la qualité de l'eau par d'autres germes pathogènes tropicales opportunistes.

Nous proposons les recommandations suivantes :

- A la population de bouillir cette eau avant la consommation (eau de boisson)
- Aux ONGs, autorité locale et d'autres acteurs de mettre en place un système de traitement de l'eau avec des technologies appropriées et adaptées. Selon notre longue expérience dans les pays de l'Afrique Sub-saharienne, nous

recommandons fortement la mise en place de la technologie NANO-WATA et/ou le système de traitement par la plante *Moringa* (Sané et al., 2024; Kapembo et al.2022 ; 2019).

- Une surveillance/monitoring semestrielle de l'eau (saison sèche et saison de pluie, en conditions de crue et d'étiage). Ceci donnera une garantie pour l'utilisation de cette eau pour l'usage domestique, spécialement après la mise en place d'un système de traitement.

Références bibliographiques

- APHA, AWWA, & WEF (2005). Standard methods for the examination of water and wastewater (21st ed., 1368 pp). USA: APHA, AWWA, & WEF.
- Eu (European Council of the European Union) (2020) Safe and clean drinking water: Council adopts strict minimum quality standards, press release, 23 October 2020. Brussel, Belgium.
- Kapembo, M.L., Dhafer, M.M., Thevenon, F., et al. 2019. Prevalence of water-related diseases and groundwater (drinking-water) contamination in the suburban municipality of Mont Ngafula, Kinshasa (Democratic Republic of the Congo), Journal of Environmental Science and Health, Part A.
- Kapembo, M.L., Mukeba, F.B., Sivalingam, P et al. 2022. Survey of water supply and assessment of groundwater quality in the suburban communes of Selembao and Kimbanseke, Kinshasa in Democratic Republic of the Congo: Sustainable water resources management, v. 8, no. 1, p. 3.
- Kapembo, M.L.; Laffite, A.; Bokolo, M.K.; et al. 2016. Evaluation of Water Quality from Suburban Shallow Wells Under Tropical Conditions According to the Seasonal Variation, Bumbu, Kinshasa, Democratic Republic of the Congo. Expo Health, 2016, 8, 487-496.
- Sané, N., Mbengue, M., Ndoye, S., Stoll, S., Pote-Wembonyama, J., et Le Coustumer, P., 2024, Effect of *Moringa oleifera* Seeds Powder on Metallic Trace Elements Concentrations in a Wastewater Treatment Plant in Senegal: International journal of environmental research and public health, v. 21, no. 8, p. 1031.
- Ordonnance Suisse du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (OPBD), du 16 décembre 2016, entrée en vigueur le 1^{er} mai 2017.
- Ordonnance sur l'hygiène (OHyg), 2005. Ordonnance du DFI sur les denrées alimentaires et les objets usuels (ODIOUS). Berne.

Poté, J., Goldscheider, N., Haller, L., et al. 2009. Origin and spatial-temporal distribution of fecal bacteria in a bay of Lake Geneva, Switzerland. Environ. Monit. Assess. 154:337–348.

United Nations Environment Programme (UNEP), (2011). Emerging issues in our global environment: postconflict environmental assessment in Democratic Republic of the Congo. Synthesis for Policy Makers (United Nations Environment Programme).


WHO, (2011). Guidelines for Drinking-Water Quality, 4th ed.; Geneva, Switzerland: WHO, 2011.

WHO, (2017). Guidelines for Drinking-Water Quality: Fourth Edition Incorporating the First Addendum; WHO: Geneva, Switzerland, 2017.

Genève, le 26 novembre 2025

Pour l'Université de Genève

Prof. Dr. John Poté



Gisèle Kubindana, PhD student



Vu pour accord, ONG Palmier Suisse

Monsieur Thomas Seki Konde

Annexe-1. Description de méthode de quantification des bactéries dans l'eau par l'approche culturale sur membrane filtre (APHA et al. 2005 ; Ohyg, 2005 ; Poté et al., 2009 ; Kapembo et al., 2022).

1. *Escherichia Coli*

Produit (origine Labolife, Suisse) : Tryptone Soya Agar (TSA) et TBX. médium (TBX).

Préparation des milieux selon les recommandations de manufacturer.

Méthode analytique avec manipulation sous la hotte à flux laminaire.

- Filtrer 100 mL de l'eau à analyser sur une membrane filtre stérile de 47mm de diamètre et de pore moyen de 0.45 µm.
- Poser soigneusement la membrane dans le milieu de culture de manière qu'elle soit bien étalée et pas de bulle d'air entre la membrane et le milieu.
- Incubation 4h à 37°C sur TSA puis
- Transférer au moins 24h à 44°C sur TBX
- Compter les colonies de couleur bleue sur la membrane.

2. Entérocoques

Produit (origine Labolife, Suisse): Slanetz Bartley Agar (SBA) et Bile Aesculin Agar (BAA).

Préparation des milieux selon les recommandations de manufacturer.

Méthode analytique avec manipulation sous la hotte à flux laminaire :

- Filtrer 100 mL de l'eau à analyser sur une membrane filtre stérile de 47mm de diamètre et de pore moyen de 0.45 µm.
- Poser soigneusement la membrane dans le milieu de culture de manière qu'elle soit bien étalée et pas de bulle d'air entre la membrane et le milieu.
- Incuber 48h à 44°C sur SBA puis
- Transférer au moins 2h à 44°C sur BAA
- Compter les colonies de couleur rouge à brune noire sur la membrane.