

## ORIGINAL ARTICLE

## ANALYSE PHYSICO-CHIMIQUE DE L'EAU DE PUIITS DE LA VILLE DE KOLWEZI

Physico-chemical analysis of well water from the city of Kolwezi



| MUTONKOLE NGOIE Laurent <sup>1\*</sup> | NOKEWA SAMA Benjamin <sup>1</sup> | MULUNDA NKULU Jacques <sup>2</sup> |  
| BUKONDA BWAKAMANA Pierrot <sup>1</sup> | TSHIBANGU MUTSHI Patrick <sup>3</sup> | SAMBA KABAYO Fabrice <sup>4</sup> | et  
| LUKUMWENA KALALA Zet <sup>4</sup> |

<sup>1</sup>. Département de Laboratoire | Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kolwezi | RD Congo |

<sup>2</sup>. Département de Biochimie | Institut Supérieur Pédagogique de Kolwezi | RD Congo |

<sup>3</sup>. Faculté de Médecine Vétérinaire | Université de Lubumbashi | RD Congo |

<sup>4</sup>. Département de Laboratoire | Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kolwezi | RD Congo |

| DOI: 10.5281/zenodo.15466661 | | Received May 09, 2025 | | Accepted May 15, 2025 | | Published May 20, 2025 | | ID Article | Laurent-Ref8-5-20ajira130525 |

## RÉSUMÉ

**Introduction :** Le corps humain a un pH naturel de 7,4 qu'il s'efforce de maintenir pour fonctionner efficacement puisque chaque élément que nous consommons possède son propre pH, notre organisme cherche constamment à rétablir le fragile équilibre temporairement perturbé par l'ingestion des produits trop acides ou trop alcalin. C'est ce qu'on appelle l'homéostasie cellulaire : la capacité de garder l'équilibre corporel malgré les contraintes extérieures. **Objectifs :** Déterminer les caractéristiques physico-chimiques des eaux de puits de la ville de Kolwezi afin de vérifier leur conformité par rapport aux normes de potabilité de l'organisation mondiale de la santé (OMS). **Méthodes :** L'échantillon de notre étude est constitué de 68 puits dont 49 de creusage, repartis de la manière suivante (29 puits de la cité Gécamines Luilu et 20 du quartier Hewa – Bora) et 19 de forage du quartier Joli site. Les prélèvements ont été effectués dans les conditions d'asepsie rigoureuse pour éviter toutes contaminations. Les récipients en polyéthylène de 250 ml nous ont servi de stockage des échantillons puis recueillis dans une glacière avec bloc réfrigérant à 4°C et acheminer au laboratoire pour les analyses. **Résultats :** Au cours de cette étude, nous avons trouvé une différence significative entre le pH des eaux de puits et celui exigé par l'organisation mondiale de la santé (OMS). Les eaux de puits de creusage et forage sont donc caractérisées par une très forte acidité, une pollution due aux métaux tels que : le Fer, le Chrome, le Cuivre et le Manganèse. **Conclusion :** Le pH des eaux de puits de Kolwezi n'est pas conforme aux normes de potabilité de l'OMS, pH d'environ 5 pour un grand nombre des puits (la majorité). La concentration élevée en ions Cr<sup>6+</sup> perturbe l'équilibre de l'organisme et peut causer des insuffisances hépatiques et rénales.

**Mots-clés :** Analyse, physico-chimique, eau, puits, Kolwezi.

## ABSTRACT

**Introduction:** The human body has a natural pH of 7.4, which it strives to maintain in order to function effectively. Since every substance we consume has its own pH, the body constantly works to restore the delicate balance temporarily disrupted by the ingestion of highly acidic or alkaline products. This process is known as cellular homeostasis—the body's ability to maintain internal equilibrium despite external stressors. **Objectives:** To determine the physicochemical characteristics of well water in the city of Kolwezi and assess its compliance with the World Health Organization (WHO) drinking water standards. **Methods:** The sample for this study consists of 68 wells, including 49 hand-dug wells—29 from the Gécamines Luilu area and 20 from the Hewa-Bora neighborhood—and 19 drilled wells from the Joli Site neighborhood. Water samples were collected under strict aseptic conditions to prevent contamination. Polyethylene containers of 250 mL were used to store the samples, which were then placed in a cooler with ice packs at 4°C and transported to the laboratory for analysis. **Results:** The study revealed a significant discrepancy between the pH of the well water and the standard pH recommended by the WHO. Both hand-dug and drilled wells exhibited very high acidity and contamination from metals such as iron, chromium, copper, and manganese. **Conclusion:** The pH levels of well water in Kolwezi do not meet WHO drinking water standards, with a pH of around 5 observed in the majority of wells. The high concentration of Cr<sup>6+</sup> ions disrupts the body's internal balance and may lead to liver and kidney dysfunction.

**Keywords:** Physicochemical analysis, water, wells, Kolwezi

## 1. INTRODUCTION

L'accès à une eau potable de qualité constitue une priorité de santé publique. Toutefois, dans de nombreux pays à revenu faible ou intermédiaire, notamment en Afrique subsaharienne, une large part de la population dépend encore des eaux souterraines issues de puits à ciel ouvert, souvent non protégés et rarement soumis à un contrôle régulier de qualité [8,15]. Ces sources d'eau sont particulièrement vulnérables à la contamination d'origine géogénique et anthropique, notamment dans les zones urbaines à forte densité et à proximité d'activités industrielles.

L'eau est un élément essentiel à la vie et à la santé humaine. Sa disponibilité et sa qualité constituent des enjeux majeurs pour le développement socio-économique, particulièrement dans les pays en voie de développement. Alors que dans les pays industrialisés l'accès à l'eau potable est généralement assuré par des réseaux d'approvisionnement modernes, cette situation reste largement insatisfaisante dans de nombreuses régions d'Afrique subsaharienne où une partie importante de la population dépend encore d'eaux non traitées issues de puits creusés manuellement, de cours d'eau ou de récupération d'eau de pluie [8,11]. En République démocratique du Congo (RDC), la desserte en eau potable par la Regideso, entreprise nationale responsable de l'eau, ne couvre pas l'intégralité du territoire, notamment dans certaines zones urbaines périphériques. À Kolwezi, grande ville minière du sud-est du pays, cette situation est aggravée par l'urbanisation rapide, l'extension des quartiers non planifiés, ainsi que par l'état dégradé des infrastructures existantes [10]. Face à ces défis, les populations recourent massivement à l'eau des puits creusés à la main ou des forages artisanaux pour leur approvisionnement quotidien.

La ville de Kolwezi, située dans la province du Lualaba, est un des principaux centres miniers du pays. Son contexte géologique, dominé par des sols ferrugineux et argilo-calcaires, combiné aux effluents miniers et aux pratiques agricoles intensives, constitue un risque potentiel pour la qualité des eaux souterraines. Des travaux antérieurs ont déjà signalé des concentrations élevées de nitrates, de fer et une acidité prononcée dans les eaux de puits dans des contextes similaires [10,1]. Un des paramètres les plus préoccupants est la présence de métaux lourds tels que le fer, le manganèse, et surtout le chrome hexavalent (Cr(VI)), souvent issu d'activités industrielles ou minières. Le chrome (VI) est classé cancérigène certain pour l'humain (groupe 1) par le Centre international de recherche sur le cancer (CIRC), et sa présence, même à faibles concentrations, représente un danger sanitaire avéré [3,15]. Le corps humain est composé à environ 70 % d'eau, ce qui souligne l'importance de la qualité de l'eau consommée pour le maintien des fonctions physiologiques, notamment le maintien d'un pH proche de la neutralité (environ 7,2) pour un équilibre optimal. Une eau trop acide ou trop basique peut perturber cet équilibre et favoriser le développement de pathogènes ou altérer la santé des consommateurs [11]. La présente étude vise à évaluer la qualité physico-chimique des eaux de puits de certains quartiers de la ville de Kolwezi (Gécamines Luilu, Hewa Bora, Joli Site), à comparer les résultats aux normes de potabilité établies par l'OMS [14] et à identifier les risques sanitaires potentiels liés à leur consommation. Ces données permettront d'orienter les autorités locales vers des mesures adaptées de protection et de gestion durable des ressources en eau.

## 2. MATÉRIELS ET MÉTHODES

### 2.1 Type d'étude et cadre géographique

Cette étude observationnelle, transversale, a été conduite entre novembre 2023 et septembre 2024 dans la ville de Kolwezi, située dans la province du Lualaba en République démocratique du Congo au Laboratoire d'application de l'Institut Supérieur des Techniques Médicales de Kolwezi (ISTM-KOLWEZI). Les quartiers ciblés sont la cité Gécamines Luilu, le quartier Joli Site et le quartier Hewa Bora, zones représentatives des diverses conditions d'approvisionnement en eau souterraine dans cette région minière.

### 2.2 Sélection des puits et collecte des données

Au total, 68 puits ont été sélectionnés par échantillonnage aléatoire simple en tenant compte de la répartition des puits par avenue et par quartier. Parmi eux, 49 sont des puits de creusage (29 dans la cité Gécamines Luilu et 20 dans le quartier Hewa Bora) et 19 des puits de forage situés dans le quartier Joli Site. Des fiches d'enquête ont permis de collecter des informations relatives à chaque puits, notamment : la date de creusage ou de forage, la profondeur, le diamètre intérieur, l'état des parois intérieures et la distance entre le puits et les latrines avoisinantes. Les échantillons d'eau ont été prélevés dans des récipients en polyéthylène stériles, identifiés par des étiquettes indiquant la provenance. Les prélèvements ont été réalisés selon la norme ISO 5667-3:2018, assurant la préservation et la manipulation adéquates des échantillons pour les analyses physico-chimiques.

### 2.3 Analyses physico-chimiques

Les analyses ont été réalisées au laboratoire central de l'Université de Kolwezi. Les paramètres mesurés incluent :  
Paramètres physico-chimiques : pH, température, conductivité électrique, turbidité, solides totaux dissous.  
Métaux et éléments traces : cuivre (Cu), cobalt (Co), fer (Fe), manganèse (Mn), zinc (Zn), plomb (Pb), argent (Ag), aluminium (Al), chrome (Cr), nickel (Ni), calcium (Ca), magnésium (Mg).

Les méthodes utilisées comprennent :

Les mesures physico-chimiques ont été réalisées à l'aide d'instruments portables calibrés et de méthodes standardisées afin d'assurer la précision et la fiabilité des données. Le pH de chaque échantillon a été mesuré in situ à l'aide d'un pH-mètre portable, préalablement calibré avec des tampons standards de pH 4, 7 et 10. La température de l'eau a également été

relevée directement sur le terrain à l'aide d'un thermomètre numérique. La conductivité électrique a été déterminée à l'aide d'un conductimètre portable, permettant d'évaluer la concentration totale en ions dissous. La turbidité a été mesurée selon la méthode standardisée de l'American Public Health Association (APHA, 2017), garantissant la comparabilité des résultats avec les normes internationales. La teneur en solides totaux dissous a été évaluée par gravimétrie, méthode classique consistant à sécher et peser la matière minérale contenue dans l'échantillon. Enfin, la quantification des métaux lourds et des éléments traces a été effectuée par spectrométrie d'absorption atomique, selon la méthode EPA 200.7, reconnue pour sa sensibilité et sa spécificité. Afin d'assurer la reproductibilité et la validité des mesures, chaque paramètre a été analysé en triplicata.

## 2.4 Comparaison aux normes internationales

Les résultats obtenus ont été comparés aux critères de qualité de l'eau potable définis par l'Organisation mondiale de la santé [15] notamment en ce qui concerne le pH, la concentration en métaux lourds, la turbidité, la conductivité et les solides totaux dissous.

## 3. RÉSULTATS

### 3.1. Caractéristiques des puits

#### 3.1.1. Caractéristiques des puits de creusage

Sur un total de 49 puits de creusage qui ont fait l'objet de notre étude, nous avons constaté que le puits le plus profond est de 16 m et l'âge du puit le plus ancien est de 27 ans (Tableau 1 et 2). Tous les puits de la cité Gécamines LUILU se trouvent à moins de 15 m des latrines, leur intérieur n'est pas cimenté et ils sont couverts soit par le bois, soit par une tôle métallique. Le puits le moins profond se trouve au quartier HEWA BORA, est profond de 3,5 m ; et a seulement 11 mois d'existence. Sur les 20 puits du quartier HEWA BORA, un seul se trouve à moins de 15 m des latrines. Les puits de creusage ne sont pas uniformes ; ils n'ont pas la même profondeur, n'ont pas le même diamètre.

**Tableau 1:** Puits de la cité Gécamines LUILU.

<b>Numéro de Puits</b>	<b>Année de creusage</b>	<b>Profondeur en m</b>	<b>Largeur en m</b>	<b>Etat de la paroi</b>	<b>Couverture du toit</b>	<b>Distance puit – latrine</b>
1	2005	6	0,55	Non cimenté	Bois	6
2	1990	9	0,48	Non cimenté	Bois	8
3	1996	7	0,8	Non cimenté	Métallique	10
4	1998	6	0,52	Non cimenté	Bois	6
5	2009	8	0,60	Non cimenté	Bois	7
6	2011	4	0,59	Non cimenté	Métallique	10
7	2007	8	0,56	Non cimenté	Bois	8
8	2004	9	0,55	Non cimenté	Bois	7
9	1990	11	0,49	Non cimenté	Bois	9
10	1994	13	0,55	Non cimenté	Bois	6
11	2008	14	0,56	Non cimenté	Métallique	7
12	2005	16	0,60	Non cimenté	Métallique	9
13	2008	12	0,54	Non cimenté	Bois	12
14	2002	13	0,66	Non cimenté	Bois	10
15	1994	16	0,70	Non cimenté	Métallique	14
16	2011	10	0,49	Non cimenté	Métallique	8
17	2008	11	0,47	Non cimenté	Bois	6
18	2005	13	0,62	Non cimenté	Métallique	7
19	2008	15	0,63	Non cimenté	Métallique	9
20	2002	14	0,45	Non cimenté	Métallique	10
21	2005	12	0,72	Non cimenté	Bois	13
22	2007	13	0,63	Non cimenté	Métallique	11
23	2001	10	0,55	Non cimenté	Métallique	7
24	2003	13	0,69	Non cimenté	Métallique	5
25	2008	11	0,58	Non cimenté	Bois	12
26	2008	14	0,70	Non cimenté	Bois	6
27	2010	16	0,55	Non cimenté	Bois	10
28	2009	15	0,57	Non cimenté	Bois	5
29	2006	12	0,53	Non cimenté	Métallique	9

**Tableau 2 : Puits du quartier HEWA BORA.**

<b>Numéro de Puits</b>	<b>Année de creusage</b>	<b>Profondeur en m</b>	<b>Largeur en m</b>	<b>Etat de la paroi</b>	<b>Couverture du toit</b>	<b>Distance puit – latrine</b>
1	2014	6,5	0,58	Non cimenté	Métallique	19,0 m
2	2012	4,0	0,60	Non cimenté	Métallique	20,0 m
3	2014	10,0	0,65	Non cimenté	Métallique	19,0 m
4	2013	7,0	0,80	Non cimenté	Métallique	22,0 m
5	2016	6,0	0,65	Non cimenté	Métallique	20,0 m
6	2016	8,0	0,65	Non cimenté	Métallique	18,0 m
7	2014	10,0	0,80	Non cimenté	Métallique	19,0 m
8	2015	10,0	0,60	Non cimenté	Métallique	20,0 m
9	2014	12,0	0,80	Non cimenté	Métallique	18,5 m
10	2015	12,0	0,70	Non cimenté	Métallique	20,0 m
11	2015	12,5	0,40	Non cimenté	Non couvert	15,0 m
12	2011	14,0	0,55	Non cimenté	Métallique	18,0 m
13	2011	14,0	0,70	Non cimenté	Métallique	20,0 m
14	2005	15,0	0,65	Non cimenté	Métallique	20,0 m
15	2016	10,0	0,50	Non cimenté	Métallique	20,0 m
16	2011	14,0	0,40	Non cimenté	Métallique	25,0 m
17	2011	10,0	0,50	Non cimenté	Métallique	18,0 m
18	2010	15,0	1,00	Non cimenté	Métallique	20,0 m
19	2016	3,5	0,50	Non cimenté	Métallique	17,0 m
20	2016	7,0	0,55	Non cimenté	Métallique	14,0 m

### 3.1.2. Caractéristiques des puits de forage

Le tableau 3 montre que le puits le plus ancien est de 2008 et le plus récent est de 2015. Le plus profond des puits à 193 mètres et le moins profond a 50 mètres. Six, des dix – neuf puits ont été foré à moins de 15 m des latrines. Tous les puits sont couverts et ont une conduite intérieure en PVC.

**Tableau 3 : Puits du quartier Joli site.**

<b>Numéro de Puits</b>	<b>Année de forage</b>	<b>Profondeur en m</b>	<b>Largeur en m</b>	<b>Etat de la paroi</b>	<b>Couverture du toit</b>	<b>Distance puit – latrine</b>
1	2009	153	0,305	Tuyau en PVC	Béton	25
2	2014	193	0,305	Tuyau en PVC	Béton	10
3	2014	170	0,305	Tuyau en PVC	Béton	7
4	2015	54	0,305	Tuyau en PVC	Béton	22
5	2008	60	0,305	Tuyau en PVC	Béton	18
6	2015	68	0,305	Tuyau en PVC	Béton	12
7	2015	75	0,305	Tuyau en PVC	Béton	9
8	2014	60	0,305	Tuyau en PVC	Béton	25
9	2015	68	0,305	Tuyau en PVC	Béton	25
10	2014	58	0,305	Tuyau en PVC	Béton	30
11	2015	65	0,305	Tuyau en PVC	Béton	23
12	2010	60	0,305	Tuyau en PVC	Béton	18
13	2009	54	0,305	Tuyau en PVC	Béton	20
14	2008	50	0,305	Tuyau en PVC	Béton	21
15	2009	55	0,305	Tuyau en PVC	Béton	16
16	2010	60	0,305	Tuyau en PVC	Béton	11
17	2008	53	0,305	Tuyau en PVC	Béton	27
18	2013	96	0,305	Tuyau en PVC	Béton	19
19	2012	80	0,305	Tuyau en PVC	Béton	13

### 3.2. Paramètres physico-chimiques

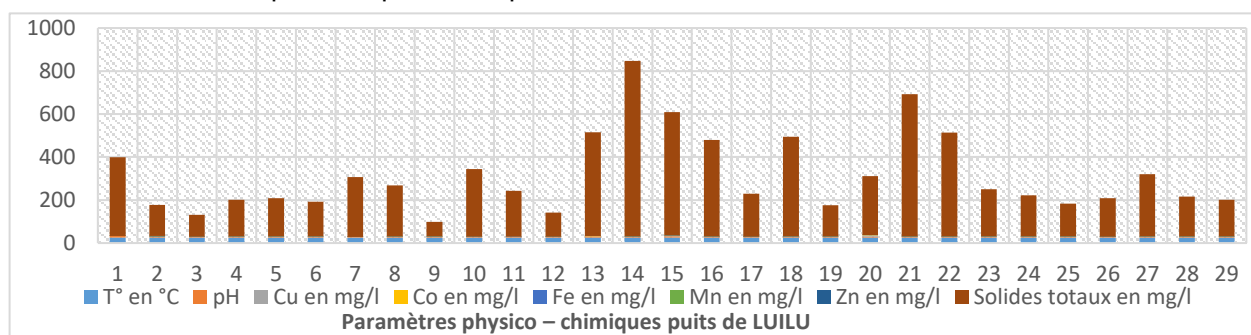
Le tableau présente les caractéristiques physico-chimiques de l'eau de 29 puits. La température de l'eau est relativement constante, oscillant entre 25°C et 25,7°C. Le pH des échantillons montre une acidité variable avec des valeurs comprises entre 2,54 et 6,92, la majorité des puits présentant un caractère acide (pH<7). Les concentrations en métaux lourds révèlent une hétérogénéité marquée. Le cuivre (Cu) affiche des teneurs variant de 0,0036 à 3,415 mg/l, avec des valeurs particulièrement élevées dans les puits 15 et 20. Le cobalt (Co) présente des concentrations entre 0,0173 et 2,7609 mg/l, avec un pic notable au puits 20. Le fer (Fe) oscille entre 0,0305 et 1,0293 mg/l. Le manganèse (Mn) montre une grande variabilité (0,0006 à 0,9576 mg/l), avec des concentrations significativement plus élevées dans les puits 13, 14 et 15. Les

teneurs en zinc (Zn) sont plus homogènes, comprises entre 0,0029 et 0,0404 mg/l. Enfin, la charge en solides totaux varie considérablement d'un puits à l'autre, allant de 67,2 à 816 mg/l, reflétant des différences importantes dans la minéralisation globale de l'eau.

**Tableau 4** : Paramètres physico-chimiques puits de LUILU.

Numéro de Puits	T° en °C	pH	Cu en mg/l	Co en mg/l	Fe en mg/l	Mn en mg/l	Zn en mg/l	Solides totaux en mg/l
<b>Normes de l'OMS</b>	Pas de norme	6,5 - 8,5	2,0	Pas de norme	0,3	0,1	3,0	1000
1	25,5	6,92	0,0549	0,1937	0,073	0,0208	0,0222	365,8
2	25,5	6,4	0,0425	0,0972	0,2748	0,0079	0,0262	144,9
3	25,3	4,6	0,0488	0,213	0,1561	0,0012	0,0297	100,3
4	25,4	4,43	0,6364	0,9658	0,1385	0,0867	0,0164	170,3
5	25,5	4,69	0,3743	0,3481	0,0305	0,0287	0,0303	178,4
6	25,6	4,74	0,0521	0,1551	0,3817	0,0027	0,0404	160,9
7	25,7	2,54	0,0612	0,1358	0,2476	0,0203	0,0207	278,0
8	25,5	5,63	0,0658	0,0972	0,3417	0,0237	0,0374	236,6
9	25,6	4,76	0,0378	0,2323	0,2199	0,299	0,0296	67,2
10	25,6	3,65	0,0763	0,0173	0,2211	0,0016	0,0392	314,0
11	25,6	3,69	0,0159	0,0972	0,1189	0,0006	0,0307	213,1
12	25,6	4,69	0,0059	0,1551	0,2203	0,0085	0,0337	110,4
13	25,5	6,6	0,2195	0,2709	0,3037	0,9216	0,0075	481,2
14	25,6	4,54	0,1731	0,2323	0,2991	0,9314	0,0087	816,0
15	25,5	5,52	3,2638	0,3674	0,104	0,9576	0,0094	572,9
16	25,5	5,60	0,0451	0,1165	0,4442	0,0024	0,0342	447,2
17	25,6	4,36	0,1317	0,2709	0,3059	0,0177	0,0317	199,2
18	25	5,15	0,7949	0,7921	0,1595	0,0879	0,0226	462,5
19	25,5	5,73	0,0463	0,2883	0,2373	0,0141	0,0045	143,9
20	25,6	4,6	3,415	2,7609	1,0293	0,238	0,0029	273,9
21	25,5	5,55	0,4914	0,6377	0,0488	0,0433	0,0235	659,77
22	25,5	5,36	0,0634	0,1551	0,3787	0,006	0,0386	482,6
23	25,6	4,73	0,4938	0,3288	0,4148	0,0122	0,0377	219,3
24	25,6	4,64	0,4072	0,4253	0,3267	0,0049	0,0368	191,1
25	25,6	4,60	0,0427	0,1937	0,4351	0,0242	0,0404	152,1
26	25,6	4,30	0,0732	0,0524	0,4556	0,0296	0,0378	178,3
27	25,5	5,02	0,2865	0,3095	0,4326	0,0006	0,0279	289,3
28	25,6	4,93	0,0036	0,2227	0,4321	0,0178	0,0343	185,3
29	25,6	4,86	0,0159	0,1744	0,4755	0,0117	0,0330	170,2

Le graphique 1 illustre les paramètres physico-chimiques des eaux de 29 puits de la région de LUILU. La représentation met en évidence la prédominance des solides totaux dans les échantillons analysés, avec des valeurs oscillantes entre 67,2 et 816 mg/l. Les concentrations les plus élevées en solides totaux sont observées notamment dans les puits 14 (816 mg/l), 21 (659,77 mg/l) et 15 (572,9 mg/l). Les autres paramètres chimiques (température, pH, cuivre, cobalt, fer, manganèse et zinc) présentent des valeurs relativement faibles à l'échelle du graphique en raison de leur ordre de grandeur nettement inférieur. Cette représentation visuelle confirme la variabilité importante des charges minérales totales entre les différents points d'eau, suggérant des conditions hydrogéologiques hétérogènes dans la zone d'étude. Le graphique permet également de constater que la température et le pH varient peu comparativement aux concentrations en métaux et aux solides totaux qui montrent des fluctuations plus marquées d'un puits à l'autre.



**Figure 1**: Paramètres physico-chimiques puits de LUILU.

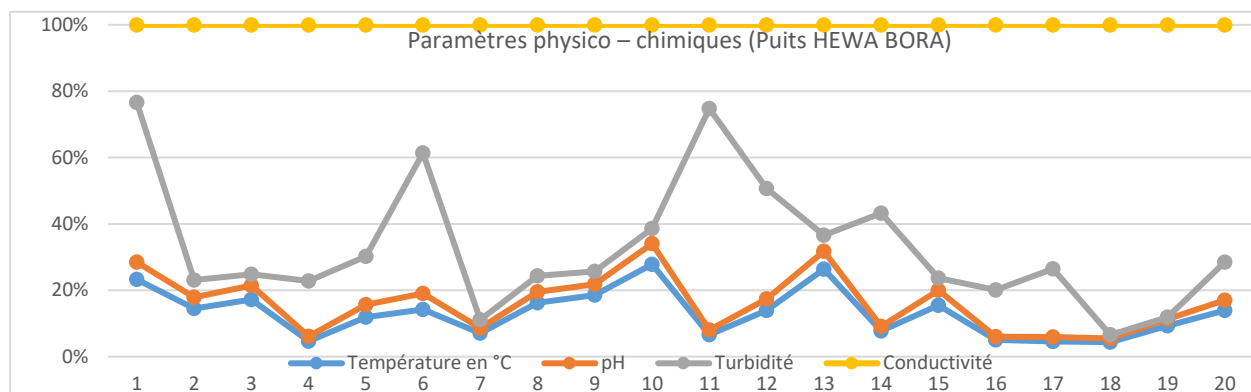
L'analyse des paramètres physico-chimiques de l'eau provenant de 20 puits a révélé une variabilité significative des caractéristiques hydrologiques. Les températures mesurées oscillent entre 15,2°C et 24,9°C (moyenne de 19,2°C), avec une répartition bimodale suggérant l'influence de différentes sources d'alimentation ou profondeurs d'aquifères. Les valeurs de pH, comprises entre 3,25 et 5,6, indiquent un caractère acide prononcé pour l'ensemble des échantillons, particulièrement marqué dans six puits où le pH est inférieur à 4,0, ce qui pourrait refléter l'impact de processus géochimiques spécifiques ou d'éventuelles contaminations. La turbidité présente une amplitude remarquable (1,44 à 154), avec cinq puits démontrant une eau relativement claire (turbidité < 5) tandis que d'autres échantillons affichent des valeurs élevées, potentiellement attribuables à la présence de matières en suspension ou de particules colloïdales. Quant à la conductivité électrique, elle varie considérablement (15,8 à 381,0), les valeurs les plus élevées (> 290) étant observées dans les puits 16, 17 et 18, suggérant une minéralisation importante de l'eau dans ces sites. Cette hétérogénéité des paramètres met en évidence la complexité des facteurs influençant la qualité de l'eau souterraine dans la zone étudiée et souligne l'importance d'une caractérisation approfondie pour toute évaluation de sa potabilité ou de son utilisation.

**Tableau 5 : Paramètres physico-chimiques (Puits HEWA BORA).**

<b>Numéro de Puits</b>	<b>Température en °C</b>	<b>pH</b>	<b>Turbidité</b>	<b>Conductivité</b>
<b>Normes OMS</b>	Préférentiellement fraîche (idéalement < 15°C)	6,5 - 8,5	< 1 (idéalement) < 5 (acceptable)	Pas de norme spécifique
<b>1</b>	15,7	3,55	32,5	15,8
<b>2</b>	23,0	5,34	8,3	122,0
<b>3</b>	22,6	5,6	4,5	99,0
<b>4</b>	17,4	5,17	62,1	287,0
<b>5</b>	17,3	5,36	21,1	101,1
<b>6</b>	16,2	5,45	48,2	43,9
<b>7</b>	17,7	3,77	6,15	221,0
<b>8</b>	18,0	3,70	5,36	84,0
<b>9</b>	18,2	3,26	3,73	72,9
<b>10</b>	16,0	3,57	2,6	35,3
<b>11</b>	15,2	3,25	154	58,1
<b>12</b>	16,5	4,01	39,4	58,3
<b>13</b>	24,9	5,11	4,5	59,9
<b>14</b>	23,7	4,24	105,0	174,2
<b>15</b>	17,2	4,99	4,14	84,8
<b>16</b>	23,3	4,38	64,9	367,0
<b>17</b>	18,1	5,41	82,3	294,0
<b>18</b>	17,8	4,61	4,29	381,0
<b>19</b>	22,9	4,94	1,44	217,0
<b>20</b>	23,0	5,04	19,0	118,0

L'analyse physico-chimique et métallique de 19 échantillons d'eau a révélé des caractéristiques relativement homogènes en termes de température (25,0 à 26,6°C) mais une variabilité notable pour les autres paramètres. Le pH fluctue entre 5,02 et 6,81, indiquant des conditions légèrement acides à quasi-neutres. Les concentrations en métaux lourds montrent des profils de contamination variables selon les échantillons. Le chrome présente les concentrations les plus élevées (jusqu'à 1,924 mg/L dans l'échantillon 1) avec une distribution bimodale marquée entre les échantillons fortement chargés (1-8) et ceux à teneur modérée à faible (9-19). Le cobalt affiche des concentrations significatives (0,039 à 0,747 mg/L), particulièrement dans l'échantillon 5 (0,747 mg/L). Le cuivre est présent à des concentrations modérées (0,103 à 0,429 mg/L) dans tous les échantillons. Les teneurs en fer, plomb et nickel sont généralement faibles, avec plusieurs échantillons présentant des concentrations non détectables, tandis que le manganèse est constamment présent (0,072 à 0,196 mg/L). Les éléments majeurs montrent également une variabilité intéressante, le calcium étant particulièrement abondant dans l'échantillon 6 (31,12 mg/L) et remarquablement faible dans l'échantillon 9 (0,266 mg/L), tandis que le magnésium présente des valeurs généralement faibles (0,019 à 2,55 mg/L), à l'exception des échantillons 1 et 15. Cette distribution hétérogène des métaux suggère des sources de contamination distinctes ou des processus géochimiques variables selon les sites de prélèvement, nécessitant une évaluation approfondie des risques environnementaux et sanitaires potentiels.

La figure présente l'évolution de quatre paramètres physico-chimiques (température en °C, pH, turbidité et conductivité) mesurés à 20 points d'échantillonnage dans le puits HEWA BORA. La conductivité, représentée en jaune, reste constante à 100% sur l'ensemble des points de mesure. La turbidité (courbe grise) montre les variations les plus importantes, avec des pics notables aux points 1 (≈75%), 6 (≈60%), 10 (≈75%) et 13 (≈45%). La température (courbe bleue) et le pH (courbe orange) suivent des tendances similaires avec des valeurs oscillant généralement entre 5% et 30%.

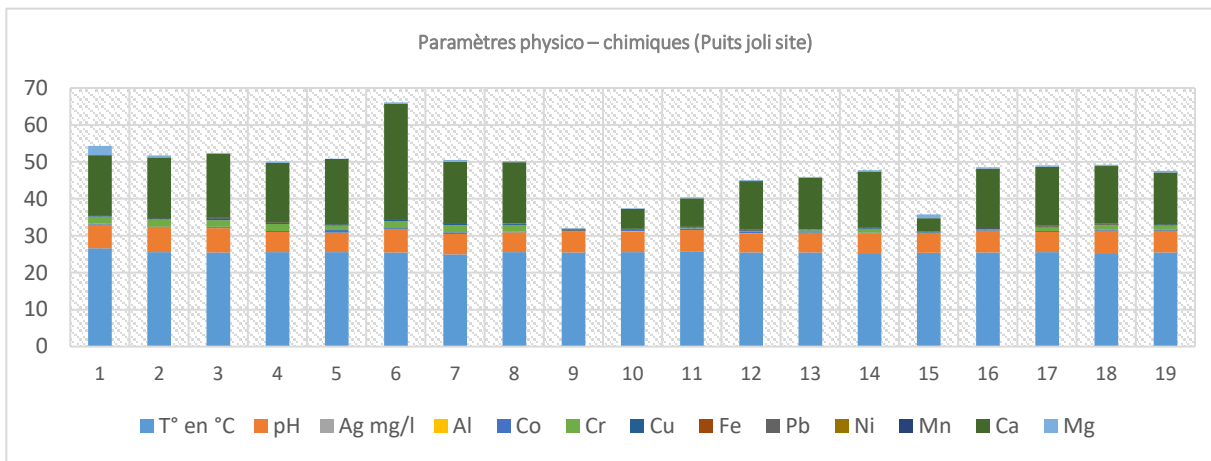


**Figure 2 :** Paramètres physico – chimiques (Puits HEWA BORA).

L'analyse physico-chimique des 19 échantillons d'eau prélevés révèle plusieurs non-conformités significatives par rapport aux directives de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS). Les températures mesurées (25,0°C à 26,6°C) dépassent légèrement la recommandation de l'OMS (<25°C), tandis que le pH présente une tendance acide marquée (5,02 à 6,81) avec 73,7% des échantillons en-dessous de la plage recommandée (6,5-8,5). Le paramètre le plus préoccupant est la concentration en chrome (Cr) qui atteint des valeurs alarmantes (jusqu'à 1,924 mg/L), dépassant la norme OMS (0,05 mg/L) jusqu'à 38 fois dans la majorité des échantillons (15/19). Les concentrations d'argent (Ag: 0,005-0,006 mg/L), d'aluminium (Al: 0,002-0,091 mg/L), de cuivre (Cu: 0,103-0,429 mg/L), de fer (Fe: 0-0,076 mg/L), de plomb (Pb: 0-0,003 mg/L), de nickel (Ni: 0-0,04 mg/L), de manganèse (Mn: 0,072-0,196 mg/L), de calcium (Ca: 0,266-31,12 mg/L) et de magnésium (Mg: 0,019-2,55 mg/L) respectent toutes les valeurs guides établies par l'OMS, tandis que les concentrations en cobalt (Co: 0,039-0,747 mg/L) ne peuvent être évaluées faute de norme spécifique définie par l'OMS pour ce paramètre. Cette contamination significative au chrome et l'acidification de l'eau pourraient compromettre sa potabilité, nécessitant des mesures correctives avant consommation.

**Tableau 6 :** Paramètres physico-chimique (Puits joli site).

N°	T° en °C	Ph	Ag mg/l	Al	Co	Cr	Cu	Fe	Pb	Ni	Mn	Ca	Mg
1	26,6	6,33	0,006	0,046	0,279	1,924	0,337	0,014	0,003	0,004	0,118	16,14	2,55
2	25,6	6,81	0,005	0,04	0,039	1,905	0,17	0	0,001	0,003	0,185	16,5	0,515
3	25,5	6,61	0,005	0,058	0,228	1,868	0,305	0,054	0,001	0	0,185	17,36	0,237
4	25,6	5,42	0,005	0,046	0,254	1,89	0,278	0,046	0,002	0,001	0,109	16,08	0,335
5	25,6	5,21	0,005	0,01	0,747	1,193	0,103	0	0	0,023	0,189	17,72	0,019
6	25,5	6,2	0,005	0,023	0,374	1,811	0,368	0,073	0	0,005	0,175	31,12	0,42
7	25	5,53	0,005	0,019	0,419	1,86	0,429	0,024	0	0,013	0,196	16,53	0,459
8	25,6	5,32	0,005	0,002	0,151	1,875	0,36	0	0	0	0,072	16,54	0,275
9	25,5	5,69	0,005	0,017	0,084	0,003	0,191	0,022	0	0	0,112	0,266	0,206
10	25,6	5,6	0,005	0,050	0,274	0,018	0,212	0,013	0,001	0	0,089	5,371	0,193
11	25,7	5,81	0,005	0,032	0,41	0,079	0,183	0,073	0,001	0	0,137	7,698	0,30
12	25,5	5,13	0,005	0,091	0,349	0,312	0,107	0,012	0,001	0	0,143	13,16	0,285
13	25,5	5,02	0,005	0,051	0,373	0,540	0,19	0	0	0,04	0,102	13,88	0,207
14	25,3	5,36	0,005	0,013	0,223	1,017	0,207	0	0,001	0,02	0,093	15,14	0,373
15	25,4	5,14	0,005	0,029	0,207	0,081	0,191	0,076	0,003	0,031	0,124	3,47	1,00
16	25,5	5,82	0,005	0,05	0,20	0,139	0,143	0,011	0,002	0,01	0,182	16,10	0,402
17	25,6	5,39	0,005	0,014	0,301	0,947	0,287	0,009	0,001	0,006	0,171	15,97	0,327
18	25,3	6,0	0,005	0,041	0,343	1,12	0,250	0,07	0,001	0,005	0,159	15,62	0,28
19	25,5	5,9	0,005	0,012	0,312	1,007	0,23	0	0	0,009	0,131	14,02	0,412



**Figure 2 :** Paramètres physico – chimiques (Puits joli site).

### 3.3. Comparaison des paramètres physico – chimiques aux normes de l’OMS

**Tableau 7 :** puits de LUILU par rapport aux normes OMS 2006.

Paramètres	Unités	Normes O.M.S	Minimum	Maximum	Moyenne + écart type
pH	-	6,5 – 9,5	2,54	6,92	4,9 ± 0,8
T°	°C	-	25	25,7	25,5 ± 0,12
Cu	mg/l	2	0,0036	3,415	0,3944 ± 0,80
Co	mg/l	-	0,0173	2,7609	0,3554 ± 0,499
Fe	mg/l	0,3	0,0305	1,0293	0,3002 ± 0,189
Mn	mg/l	0,4	0,0006	0,9576	0,1225 ± 0,280
Zn	mg/l	3	0,0029	0,0404	0,0271 ± 0,017
Solides TT	mg/l	1000	67,2	816,0	285,9 ± 178,1

Le tableau indique que le pH moyen des eaux de puits étudiés n’est pas conforme aux valeurs indicatives de l’OMS. La concentration en Fer est légèrement supérieure à la valeur exigée par l’OMS.

**Tableau 8 :** Puits de Hewa Bora par rapport aux normes de l’OMS 2006.

Paramètres	Unités	Normes O.M.S	Minimum	Maximum	Moyenne
pH	-	6,5 – 9,5	3,25	5,6	4,537
Température	°C	-	15,20	24,9	19,235
Conductivité	µs	-	15,80	381,0	144,715
Turbidité	N.T.U	≤ 4,5	1,14	154,0	33,675

Le pH des eaux de HEWA BORA n’est pas conforme aux valeurs indicatives de l’O.M.S. la turbidité moyenne s’écarte de façon exagérée de la norme de potabilité de l’eau de boisson.

**Tableau 9 :** Puits de Joli site par rapport aux normes O.M.S 2006.

Paramètres	Unités	Normes O.M.S	Minimum	Maximum	Moyenne + écart type
pH	-	6,5 – 9,5	5,02	6,81	5,6 ± 0,509
Température	°C	-	25	25,7	25,5 ± 0,196
Ag	mg/l	-	0,005	0,006	0,0051 ± 0,003
Al	mg/l	0,2	0,01	0,058	0,063 ± 0,11
Co	mg/l	-	0,084	0,747	0,311 ± 0,139
Cr	mg/l	0,05	0,003	1,924	1,03 ± 0,763
Cu	mg/l	2	0,103	0,429	0,239 ± 0,094
Fe	mg/l	0,3	0	0,076	0,0262 ± 0,094
Ca	mg/l	-	0,266	17,12	14,667 ± 6,027
Mn	mg/l	0,4	0,072	0,196	0,14 ± 0,039
Mg	mg/l	-	0,193	2,53	0,515 ± 0,544
Pb	mg/l	0,01	0	0,003	0,0009 ± 0,0010
Ni	mg/l	0,07	0	0,031	0,078 ± 0,0112

Le pH moyen et la concentration moyenne en Chrome ne sont pas conformes aux valeurs indicatives de l’organisation mondiale de la santé.

## 4. DISCUSSION

Les caractéristiques physico-chimiques des eaux de puits étudiées sont présentées dans les Tableaux 4, 5 et 6, tandis que les Tableaux 1, 2 et 3 décrivent les caractéristiques structurelles des puits. Les Tableaux 7, 8 et 9 rassemblent les normes de qualité de l'eau potable ainsi que les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques mesurés dans les puits de Kolwezi.

### *Température*

La température moyenne de l'eau des puits est de  $25,15 \pm 0,12$  °C, avec des valeurs variantes entre 24,9 °C et 25,7 °C. Cette fourchette est comparable aux résultats rapportés par Kabinda Mwavu (2001), mais diffère de ceux obtenus par Nwala et al. (2007) et Degbey et al. (2008), qui ont observé des températures généralement plus élevées dans des contextes climatiques tropicaux distincts. La température de l'eau est un paramètre important car elle influence la solubilité des gaz, la vitesse des réactions chimiques et la croissance des micro-organismes [17].

### *Conductivité électrique*

La conductivité électrique, indicateur indirect de la concentration en ions dissous, varie entre 15,8 et 381  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , avec une moyenne de 144,71  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans le quartier HEWA-BORA. Ces résultats se situent dans les plages rapportées par Adejuwon et Mbuk (2011), qui ont mesuré des valeurs comprises entre 22 et 315  $\mu\text{S}/\text{cm}$  dans des eaux souterraines du Nigeria. Une faible conductivité reflète généralement une faible minéralisation, mais peut également indiquer une vulnérabilité accrue aux pollutions locales [6].

### *pH*

Le pH mesuré indique une acidité marquée des eaux souterraines, avec des valeurs comprises entre 2,54 et 6,92. Les moyennes observées sont de  $4,9 \pm 0,8$  dans la cité Gécamines Luilu,  $5,6 \pm 0,51$  au quartier Joli Site, et 4,5 dans le quartier HEWA-BORA. Ces valeurs sont significativement inférieures à celles relevées par Kabinda Mwavu (2001), qui rapportait un pH neutre à légèrement alcalin (7,5–8,5). Une acidité élevée peut résulter de la lixiviation des sols acides, de l'oxydation des sulfures métalliques, ou encore de l'usage intensif d'engrais azotés (notamment l'urée), qui peuvent générer des concentrations élevées en nitrates ( $\text{NO}_3^-$ ), substances reconnues pour leur toxicité chez les nourrissons (syndrome du bébé bleu ou méthémoglobinémie) et leur lien possible avec des cancers gastriques [7,17].

### *Métaux : Fer, Manganèse et Chrome*

La concentration en fer dépasse dans plusieurs cas la limite fixée par l'Organisation mondiale de la santé (OMS), soit 0,3 mg/L pour l'eau potable (WHO, 2011). Cette situation peut s'expliquer par la nature géologique locale (sols argilo-calcaires ferrugineux) et l'absence de protection physique des puits. L'acidité de l'eau facilite également la solubilisation du fer. Le manganèse, bien que souvent présent à l'état naturel dans les eaux souterraines, suit un comportement chimique similaire à celui du fer. En concentrations élevées, ces métaux altèrent le goût, la couleur et l'odeur de l'eau, mais aussi sa potabilité [12].

La présence de chrome, quant à elle, pose un problème sanitaire plus grave. Bien que sa concentration naturelle dans les nappes phréatiques soit généralement faible, une contamination anthropique peut survenir à partir des effluents industriels (métallurgie, chimie), des combustibles fossiles et des rejets miniers (EPA, 2010). La forme hexavalente du chrome (Cr(VI)), issue de l'oxydation du chrome trivalent (Cr(III)) en présence de chlore, est particulièrement toxique. L'OMS fixe à 0,05 mg/L la concentration maximale admissible de chrome dans l'eau potable. Une exposition prolongée à des concentrations élevées peut provoquer des troubles gastro-intestinaux, des lésions hépatiques et rénales, et est classée cancérigène pour l'homme [17,3].

### *Risques sanitaires liés à la mauvaise qualité de l'eau*

L'ingestion d'eau acide ou contenant des concentrations élevées de métaux peut entraîner des effets néfastes à court et long terme. Un pH acide favorise la solubilisation des métaux lourds et l'altération des matériaux de canalisation, augmentant ainsi le risque de contamination. L'eau de puits contaminée par le chrome hexavalent à des niveaux supérieurs à la norme présente un risque significatif lorsqu'elle est utilisée pour la consommation, la cuisson ou l'hygiène buccale [12]. Toutefois, son usage pour des activités externes comme le lavage ou le bain ne pose généralement pas de danger immédiat. La turbidité observée dans certaines eaux de puits de creusage suggère la présence de matières en suspension, potentiellement organiques ou minérales, pouvant favoriser la croissance microbienne et la contamination fécale, augmentant le risque de maladies d'origine hydrique [17].

## 5. CONCLUSION

Au terme de cette étude, les caractéristiques physico – chimiques de l'eau de puits de creusage et de forage de certains quartiers de la ville de Kolwezi ont été déterminées. A l'issue de cette étude, les résultats obtenus permettent de tirer les conclusions suivantes : le pH, les concentrations en Chrome, en Fer et la turbidité ne sont pas conformes aux normes relatives à la qualité de l'eau de boisson dans un grand nombre de puits. Les concentrations en d'autres éléments tels que le Cuivre, le Cobalt, le Zinc, le Manganèse, l'Argent, l'Aluminium, le Calcium, le Nickel, le Magnésium et le Plomb sont en dessous de normes relatives à la potabilité dans la majorité des puits. La pollution serait liée aux activités anthropiques et industrielles, notamment l'infiltration des eaux rejetées par les usines métallurgiques et probablement des pluies acides. Les activités maraichères, le recours à l'usage excessif de l'urée constituent une source probable d'acidification des sols à Lulu. Cette pollution constitue un risque sanitaire pour les populations qui recourent à l'eau de puits de creusage ou de forage pour leur boisson.

## LES PISTES DE SOLUTIONS

Pour limiter la pollution de l'eau de puits, les mesures suivantes doivent être prises :

- Recourir à une épuration bactériologique par  $\text{Ca}(\text{ClO})_2$  pour améliorer légèrement le pH.
- Exiger aux usines métallurgiques de se conformer aux normes actuelles sur la pollution et la conservation de l'environnement c'est – à – dire ne pas rejeter directement les eaux des usines dans les cours d'eaux.
- Recommander aux entreprises de forage de disposer d'un laboratoire pour analyser l'eau afin de vérifier sa potabilité avant de la fournir aux clients.
- Faire analyser l'eau de puits tous les 2 ans pour en obtenir la qualité chimique, et la faire analyser tous les 6 mois pour en obtenir la qualité bactérienne.
- L'analyse et le traitement chimique et physique de l'eau serait indispensable avant son utilisation.

## 6. REFERENCES

1. Adejuwon, J.O., & Mbuk, K.S. (2011). Impact of industrial activities on the water quality of the Omoku creek. *Journal of Applied Sciences and Environmental Management*, 15(2), 289–293.
2. American Public Health Association (APHA). 2017. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 23rd Edition. Washington, D.C.
3. Costa, M., & Klein, C.B. (2006). Toxicity and carcinogenicity of chromium compounds in humans. *Critical Reviews in Toxicology*, 36(2), 155–163.
4. Degbey, C., et al. (2008). Qualité de l'eau de puits et prévalence des maladies d'origine hydrique à Cotonou. *Santé Publique*, 20(6), 567–574.
5. EPA (2010). Toxicological Review of Hexavalent Chromium. U.S. Environmental Protection Agency.
6. Freeze, R. A., & Cherry, J. A. (1979). Groundwater. Prentice Hall.
7. Gilly, C., Alary, M., & Coulibaly, A. (1984). Nitrate contamination of groundwater in two villages in Niger. *Health Policy and Planning*, 9(1), 27–33.
8. Howard, G., & Bartram, J. (2003). *Domestic Water Quantity, Service Level and Health*. World Health Organization.
9. International Organization for Standardization (ISO). 2018. ISO 5667-3:2018 Water quality — Sampling — Part 3: Preservation and handling of water samples. ISO.
10. Kabinda Mwavu, M. (2001). Étude de la qualité physico-chimique des eaux souterraines de la ville de Kolwezi. Mémoire de licence, Université de Lubumbashi.
11. Lagnika, C., et al. (2014). Étude physico-chimique et microbiologique des eaux de puits dans la commune de Pobè, Bénin. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 8(4), 1239–1249.
12. Lenntech (2020). Iron and Manganese in Water Treatment. <https://www.lenntech.com>.
13. Nwala, T. M., et al. (2007). Assessment of drinking water quality and human health risk in southern Nigeria. *African Journal of Environmental Science and Technology*, 1(2), 045–050.
14. Organisation mondiale de la santé (OMS). (2011). *Directives de qualité pour l'eau de boisson*, 4e édition. Genève.
15. Organisation Mondiale de la Santé (OMS). 2011. Guidelines for Drinking-water Quality, 4th Edition. Geneva: WHO Press. <https://www.who.int/publications/i/item/9789241548151>.
16. United States Environmental Protection Agency (EPA). 1994. Method 200.7: Determination of Metals and Trace Elements in Water and Wastes by Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry. Revision 4.4.
17. WHO (World Health Organization). (2011). Guidelines for Drinking-water Quality (4th ed.). Geneva: World Health Organization.



How to cite this article: MUTONKOLE NGOIE Laurent, NOKEWA SAMA Benjamin, MULUNDA NKULU Jacques, BUKONDA BWAKAMANA Pierrot, TSHIBANGU MUTSHI Patrick, SAMBA KABAYO Fabrice et LUKUMWENA KALALA Zet. ANALYSE PHYSICO - CHIMIQUE DE L'EAU DE PUIITS DE LA VILLE DE KOLWEZI. *Am. J. innov. res. appl. sci.* 2025; 20(5): 63-72. 10.5281/zenodo.15466661

T

This is an Open Access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non-Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited and the use is non-commercial. See:

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

